



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL

JUÇARA ELIZABETH DE CASTRO DOS SANTOS

**AVALIAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO DAS INDÚSTRIAS
CERÂMICAS DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA COM BASE NOS
ÍNDICES DE CAPACIDADE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-
Graduação da Universidade Federal do Paraná
como requisito parcial para a obtenção do
Título de Mestre em Construção Civil

CURITIBA

2006

JUÇARA ELIZABETH DE CASTRO DOS SANTOS

**AVALIAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO DAS INDÚSTRIAS
CERÂMICAS DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA COM BASE NOS
ÍNDICES DE CAPACIDADE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Paraná como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Construção Civil.

Área de concentração: Engenharia da Construção Civil

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Andréa Sell Dyminski.

Co-orientador: Prof.^o Dr. Anselmo Chaves Neto

CURITIBA

2006

Santos, Juçara Elizabeth de Castro dos

Avaliação do controle estatístico de processo das indústrias cerâmicas da Região Metropolitana de Curitiba com base nos índices de capacidade / Juçara Elizabeth de Castro dos Santos. – Curitiba, 2006.

116 f. : il., tabs, grafs.

Orientadora: Andréa Sell Dyminski

Co-Orientador: Anselmo Chaves Neto

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Curso de Pós-Graduação em Construção Civil.

Inclui Bibliografia.

1. Cerâmica - Indústria. 2. Argila – Material cerâmico. 3. Controle de processo. 4. Cerâmica (Tecnologia). I. Dyminski, Andréa Sell. II. Chaves Neto, Anselmo III. Título. IV. Universidade Federal do Paraná.

CDD 691.4

TERMO DE APROVAÇÃO

JUÇARA ELIZABETH DE CASTRO DOS SANTOS

**“AVALIAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO DAS INDÚSTRIAS
CERÂMICAS DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA COM BASE NOS
ÍNDICES DE CAPACIDADE”**

Dissertação aprovada com requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Construção Civil, Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca Examinadora:

Orientadora:

Prof^a. Dr^a. Andréa Sell Dyminski - Doutorado PUC-RJ.
Programa de Pós-Graduação em Construção Civil da UFPR

Co-orientador:

Prof. Dr. Anselmo Chaves Neto - Doutorado PUC-RJ
Programa de Pós-Graduação em Métodos Numéricos em
Engenharia da UFPR

Examinadores:

Prof^a. Dr^a. Marienne do Rocio de Mello Maron da Costa –
Doutorado USP-SP
Programa de Pós-Graduação em Construção Civil da UFPR

Prof. Dr. Marcelo Gechele Cleto - Doutorado UFSC-SC.
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da UFPR

Curitiba, 18 de dezembro de 2006

“Ou você não faz as coisas que deseja, e deixa a vida passar”,

“Ou se levanta e trata de fazê-las.”

Carl Ally

Aos meus pais e irmãos, que com constante e amorosa
assistência permitiram o meu crescer como ser humano, todo o
meu carinho e respeito.

Aos meus filhos pela extremosa dedicação e carinho que
sempre demonstram.

DEDICO!

AGRADECIMENTOS

Aos meus orientadores pelo extraordinário apoio.

Aos membros da banca examinadora, pelo metódico trabalho que desenvolveram, tanto na fase de qualificação como na defesa, o que permitiu que se chegasse a uma versão final mais aprimorada deste trabalho.

Aos professores do PPGCC, Programa de Pós Graduação em Construção Civil, pela iniciativa e excelência dos debates que promoveram e dos conteúdos apresentados e sua influência em meu pensamento, o que permitiu chegar ao ponto de propor este trabalho.

Aos demais professores que ajudaram na minha formação, por meio das disciplinas e do ambiente de construção de conhecimento que promoveram.

Aos colegas de mestrado que, pelas discussões em aula e pelo companheirismo desenvolvido, contribuíram para a construção dessa dissertação.

Aos colegas de docência da UTFPR, UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA DO PARANÁ, pelo apoio e compartilhamento de angústia e ansiedades típicas de um período de mestrado.

Ao Tecnólogo Civil José Roberto de O. Trindade e ao acadêmico Matheus pelo incentivo à pesquisa e participação no processo de construção de conhecimento.

Aos proprietários das Indústrias Cerâmicas pelo apoio e participação nas pesquisas de campo através do fornecimento dos blocos cerâmicos.

A toda minha família e amigos, pelo apoio recebido durante a jornada.

Aos que, pela pressa, não foram citados minhas desculpas e sinceros agradecimentos, que Deus abençoe a todos.

RESUMO

O setor da cerâmica vermelha da Região Metropolitana de Curitiba vem apresentando nos últimos anos diversas reformulações para atender o Programa Nacional de Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H), em andamento no setor da construção civil através do Programa Setorial de Qualidade dos Blocos Cerâmicos (PSQ-BC). Para esse seguimento da construção civil manter-se competitivo como fornecedor da cadeia produtiva, precisa produzir um produto de qualidade e de acordo com as normas técnicas. Dentro deste escopo, avaliou-se a capacidade de processo das indústrias cerâmicas da Região Metropolitana de Curitiba. Para isso foram feitos experimentos com blocos cerâmicos de vedação e avaliaram-se estatisticamente seus resultados. Para tanto, foram revisados os conceitos relacionados ao produto, descrevendo o processo produtivo de fabricação dos blocos cerâmicos, os conceitos de qualidade, e as ferramentas estatísticas de controle de qualidade. Foram analisadas características referentes a dimensões, absorção de água e resistência à compressão, tendo-se como referência os limites de especificação da norma técnica NBR15270-1 da Associação Brasileira de Norma Técnica (ABNT). Foram coletadas amostras de blocos cerâmicos em quinze indústrias cerâmicas no segundo semestre de 2006 e foram ensaiadas em laboratório conforme determinações da norma técnica NBR15270-3 da ABNT. Empregou-se a técnica de controle estatístico de processo para a determinação da capacidade de processo com base nos índices de capacidade C_p , C_{pk} e C_{pkm} . Os resultados mostram que o processo de produção das indústrias cerâmicas da região metropolitana de Curitiba “não é capaz” de produzir de acordo com as especificações de norma referentes às características físicas: dimensões, absorção de água e resistência à compressão. Dentro deste quadro, pode-se dizer que o consumidor está adquirindo um produto de qualidade deficiente. Torna-se necessário que a indústria cerâmica realize um acompanhamento sistemático do processo produtivo, pois existem falhas que precisam ser corrigidas e controladas. Neste acompanhamento, podem ser empregados métodos estatísticos de controle de qualidade, visando a melhoria e manutenção dos níveis de qualidade, o controle e garantia de suas especificações, a qualificação no âmbito do PBQP-H, a satisfação do consumidor e a lucratividade da indústria.

Palavras-chave: Bloco cerâmico, controle estatístico de processo, índice de capacidade.

ABSTRACT

The sector of red ceramics of the Region Metropolitan of Curitiba comes in recent years presenting diverse reformularizations to take care of the National Program of Qualidade (PBQP-H), in progress in the sector of the civil construction, and the Sectorial Program of Quality of Blocos Cerâmicos (PSQ-BC). This industry to remain itself competitive as supplying of the productive chain of the civil construction, needs in accordance with to supply to the consuming market a quality product and the norms techniques. Inside of this target, it was evaluated estatisticamente capacity of process of the ceramic industries of the Region Metropolitan of Curitiba. Becoming fulfilled themselves experiments with ceramic blocks of prohibition and evaluating its results. For in such a way, the concepts related to the product had been revised, describing the productive process of manufacture of the ceramic blocks, the concepts of quality, and the statistical tools of quality control. The dimensions, the absorption of water and the compressive strength had been analyzed characteristic referring physics, having themselves as reference the limits of specification of the norm techniques NBR15270-1 of the ABNT. Samples of ceramic blocks in fifteen ceramic industrias in as the semester of 2006 had been collected, that determination of the norm had been assayed in agreement laboratory technique NBR15270-3 of the ABNT. It was used on the basis of technique of statistical control of process for the determination of the process capacity the capacity Índices c_p , c_{pk} and c_{pkm} . The results, on the basis of the harvested samples, show that the process of production of the ceramic industrias of the region metropolitana of Curitiba “is not capable” to produce in the referring specifications to the physical characteristics of dimensions, water absorption and compressive strength. Inside of this picture, it can be said that the consumer is acquiring a product of deficient quality. One becomes necessary that the ceramic industry carries through a systematic accompaniment of the productive process, therefore exist controlled imperfections that they need to be identified and. In this accompaniment, statistical methods of quality control can be used, aiming at the improvement and maintenance of the quality levels, the control and guarantee of its specifications, the certification inside of the quality programs, the satisfaction of the consumer and the profitability of the industry.

KEY-WORDS: ceramic block, process static control, capacity Índice.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	iii
RESUMO	iv
ABSTRACT	v
SUMÁRIO	vi
LISTA DAS EQUAÇÕES	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE GRÁFICOS	x
LISTA DE TABELAS	xi
LISTA DE ABREVIATURAS	xii
CAPÍTULO 1- INTRODUÇÃO	1
1.1- OBJETIVOS	2
1.2- LIMITAÇÕES DO TRABALHO	2
1.3- JUSTIFICATIVAS	3
1.4- ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	5
CAPÍTULO 2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1- CERÂMICA VERMELHA	7
2.1.1- Constituição da matéria prima	8
2.1.2- Classificação da matéria prima	9
2.1.3- Características da matéria prima	9
2.1.4- Processo de produção	11
2.1.4.1- Exploração das jazidas	12
2.1.4.2- Tratamentos da matéria prima	13
2.1.4.3- Conformação	14
2.1.4.4- Secagem	15
2.1.4.5- Queima	18
2.1.4.6- Resfriamento	20
2.1.4.7- Armazenamento e expedição	20
2.1.5- Salubridade e segurança	21
2.1.6- Produtos finais	21
2.1.7- Normas Técnicas vigentes utilizadas na pesquisa	22
2.2- QUALIDADE, PRODUTIVIDADE E COMPETITIVIDADE	27
2.2.1- Controle de Qualidade	27
2.2.2- A Evolução da Qualidade	31
2.2.3- Sistemas de qualidade	34
2.2.3.1- O Sistema Toyota de Produção (STP)	35
2.2.3.2- O Paradigma Just-in-Time (JIT)	37
2.2.4- Gestão da qualidade	38

2.2.5- Técnicas de controle da qualidade -----	40
2.2.5.1- Diagrama de Pareto-----	41
2.2.5.2- Diagrama de Ishikawa (Espinha-de-peixe) -----	42
2.2.5.3- Histograma -----	44
2.2.5.4- Lista de verificação -----	46
2.2.5.5- Carta de controle -----	49
2.3- Controle estatístico do processo (CEP)-----	51
2.3.1- Fluxo do controle estatístico do processo -----	52
2.3.2- Limites de controle -----	53
2.3.3- Tamanho da amostra-----	55
2.4- Índice de capacidade do processo (Cp)-----	56
2.4.1- Medida do índice de capacidade do processo (Cp) -----	56
2.4.2- Índice de capacidade Cp _k -----	57
2.4.3- Índice de capacidade Cp _{km} -----	59
2.5- A função perda de qualidade de Taguchi -----	60
CAPÍTULO 3- MATERIAIS E MÉTODOS -----	63
3.1- MATERIAIS UTILIZADOS -----	63
3.2- METODOLOGIA USADA NOS EXPERIMENTOS-----	63
3.2.1- Coleta das amostras-----	63
3.2.2- Transporte, recebimento, preparação e armazenamento. -----	65
3.3- Ensaio realizados-----	67
3.3.1- Determinação das características geométricas -----	67
3.3.2- Determinação da Característica física: absorção-----	68
3.3.3- Determinação da característica mecânica: Resistência à Compressão -----	72
CAPÍTULO 4- ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS. -----	78
4.1- ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS: DIMENSÃO -----	79
4.1.1- Análise das Características Geométricas: Largura-----	79
4.1.2- Análise da característica geométrica: altura -----	84
4.1.3- Análise da característica geométrica: comprimento -----	89
4.2- Análise da característica física: absorção -----	94
4.3- Análise da característica mecânica: resistência à compressão-----	99
CAPÍTULO 5- CONSIDERAÇÕES FINAIS-----	108
5.1- Conclusão -----	108
5.2- Sugestões para trabalhos futuros -----	109
REFERÊNCIAS -----	110

LISTA DAS EQUAÇÕES

Eq. 1- Índice Cp-----	57
Eq. 2- Índice de especificação unilateral superior -----	58
Eq. 3- Índice de especificação unilateral inferior-----	58
Eq. 4- Índice de especificação bilateral -----	58
Eq. 5- Relação do Índice Cpk com o Cp -----	58
Eq. 6- Valor da porção da dispersão permitida no processo -----	58
Eq. 7- Avaliação da proximidade do alvo devido à variação do processo -----	59
Eq. 8- Índice de avaliação da capacidade do processo-----	60
Eq. 9- Índice de absorção -----	72

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-Esquema básico de fabricação de produtos cerâmicos-----	12
Figura 2 Misturadora horizontal -----	13
Figura 3 Fluxograma da produção de tijolos e telhas -----	14
Figura 4 - Moldagem por bocal usando câmara de vácuo -----	15
Figura 5 - Bloco cerâmico com furos na horizontal -----	25
Figura 6- Bloco cerâmico com furos na vertical-----	26
Figura 7 - Desvio em relação ao esquadro.-----	26
Figura 8 -Planeza das faces-----	27
Figura 9 - Estrutura do Diagrama de Causa e Efeito -----	44
Figura 10– Diagrama de Causa e Efeito do Produto X.-----	44
Figura 11 - <i>Palet</i> para apoio das amostras -----	65
Figura 12-Identificação dos corpos-de-prova da primeira amostra -----	66
Figura 13-Blocos cerâmicos identificados-----	66
Figura 14 - Medição de bloco cerâmico com régua. -----	68
Figura 15 - Medição de bloco cerâmico com o paquímetro. -----	68
Figura 16 - Bancada de medição dos blocos -----	70
Figura 17 - Estufa para secagem das amostras-----	70
Figura 18 - Blocos aguardando estabilização da temperatura-----	71
Figura 19 - Blocos cerâmicos imersos em tanque com água-----	71
Figura 20–Secagem do excesso de água do bloco-----	72
Figura 21- Blocos posicionados para o capeamento -----	73
Figura 22 - Peneira intermediária utilizada no peneiramento do agregado miúdo -----	74
Figura 23 - Pesagem do cimento usado na argamassa de capeamento-----	74
Figura 24 - Pesagem da areia usada na argamassa de capeamento-----	74
Figura 25 - Cp's após o ensaio de resistência 'à compressão -----	75
Figura 26 Assentamento do bloco cerâmico sobre plano de vidro -----	76
Figura 27-Cura dos blocos capeados -----	76
Figura 28- Prensa de ensaio de resistência à compressão -----	77
Figura 29-Identificação das amostras -----	77
Figura 30-Identificação da dimensão largura -----	79
Figura 31-Identificação da dimensão altura -----	85
Figura 32-Identificação da dimensão comprimento-----	89

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Diagrama de Pareto-Antes do aperfeiçoamento-----	42
Gráfico 2 -Diagrama de Pareto- Depois do aperfeiçoamento -----	42
Gráfico 3 - Histograma da variável H-----	45
Gráfico 4- Exemplo gráfico de dispersão-----	47
Gráfico 5- Exemplo de Correlação linear positiva -----	48
Gráfico 6- Exemplo de Correlação linear negativa-----	48
Gráfico 7 Exemplo de Correlação não linear-----	48
Gráfico 8- Carta de Controle Amplitude-Diâmetro do anel do Pistão -----	50
Gráfico 9- Carta C - Defeitos na Placa de Circuito Impresso -----	50
Gráfico 10-Controle Estatístico de Processos-----	52
Gráfico 11-Três processos com Cpk=1 -----	59
Gráfico 12 – Perdas de Taguchi -----	62
Gráfico 13 – Índices de capacidade da largura amostra T1 -----	80
Gráfico 14 - Índices de capacidade da largura – amostra T2 -----	81
Gráfico 15- Índices de capacidade da largura amostra T3-----	82
Gráfico 16 - Cpkm das amostras 1 e 2 (largura) -----	82
Gráfico 17 - Índice cpkm (referência) com cpkm (setor)-----	83
Gráfico 18 - Índices de capacidade da altura amostras T1 -----	85
Gráfico 19-Índices de capacidade da altura amostras T2 -----	86
Gráfico 20-Índices de capacidade da altura amostras T3 -----	86
Gráfico 21- Cpkm das amostras 1 e 2 (altura) -----	87
Gráfico 22- Relação Cpkm (referência) com Cpkm (setor) -----	88
Gráfico 23- Índices de capacidade das amostras t1 (comprimento)-----	90
Gráfico 24-Índices de capacidade das amostras T2 (comprimento)-----	90
Gráfico 25-Índices de capacidade das amostras T3 (comprimento)-----	91
Gráfico 26- Cpkm das amostras T1 e T2 (comprimento)-----	92
Gráfico 27- Relação cpkm (referência) com cpkm (setor) -----	92
Gráfico 28- Índices de capacidade das amostras T1 (absorção) -----	94
Gráfico 29-Índices de capacidade das amostras T2 (absorção)-----	95
Gráfico 30-Índices de capacidade das Amostras T3 (absorção) -----	96
Gráfico 31-Relação Cpkm (referência) com Cpkm (setor)-----	97
Gráfico 32- Relação Cpkm (referência) com Cpkm (setor) -----	97
Gráfico 33-Índices de capacidade das amostras TT1 (resistência) -----	100
Gráfico 34-Índices de capacidade das amostras TT2 (resistência) -----	100
Gráfico 35-Índices de capacidade das amostras TT3 (resistência) -----	101
Gráfico 36-Ensaio de resistência à compressão 1-----	102
Gráfico 37-Ensaio de resistência à compressão 2-----	103
Gráfico 38-Ensaio de resistência à compressão 1 -----	103
Gráfico 39-Ensaio de resistência à compressão –adicional -----	104

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-Lista de normas da ABNT para tijolos cerâmicos maciços -----	22
Tabela 2-Normas da ABNT para blocos cerâmicos -----	23
Tabela 3 - Dimensões de fabricação de blocos cerâmicos de vedação -----	23
Tabela 4 - Tolerâncias dimensionais individuais relacionadas à dimensão efetiva -----	24
Tabela 5 – Tolerâncias dimensionais relacionadas à média das dimensões efetivas-----	24
Tabela 6 – Especificação para a resistência à compressão -----	24
Tabela 7 - Número de blocos dos lotes e da amostragem -----	25
Tabela 8 – Melhoramento do processo -----	41
Tabela 9-Comparação índices de capacidade -----	60
Tabela 10 - Indústrias selecionadas -----	64
Tabela 11-Principais variáveis do experimento-----	65
Tabela 12 Características ensaiadas -----	67
Tabela 13-Resultados dos ensaios de resistência -----	75
Tabela 14- Análise dimensional (largura) -----	84
Tabela 15-Análise dimensional (altura)-----	89
Tabela 16-Análise dimensional (comprimento) -----	93
Tabela 17-Análise física-absorção-----	99
Tabela 18-Análise mecânica -----	102
Tabela 19 - Resistência a compressão-seis blocos cerâmicos-----	104
Tabela 20-Resumo geral -----	105
Tabela 21-Avaliação do setor -----	106
Tabela 22-Indústrias selecionadas com avaliação do processo -----	107

LISTA DE ABREVIATURAS

ABC - Associação Brasileira de Cerâmica;
ABCI - Associação Brasileira da Construção Industrializada;
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas;
ANICER - Associação Nacional da Indústria Cerâmica;
ASTM- American Society for Testing and Materials;
CCB - Centro Cerâmico do Brasil;
CDC - Código de Defesa do Consumidor;
CEP - Controle Estatístico de Processo;
CONMETRO - Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial;
CPV-ARI – Cimento Portland de Alta Resistência Inicial;
EIA - Estudo de Impacto Ambiental;
IC - Itens de controle;
INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Indústria;
LACTEC - Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento;
MINEROPAR - Minerais do Paraná S/A ;
NBR - Normas Brasileiras Regulamentadoras;
PBQP-H - Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat;
PSQ - Programa Setorial da Qualidade,
PSQ-BC - Programa Setorial de Qualidade dos Blocos Cerâmicos;
RIMA-Relatório de Impacto no Meio Ambiente;
RMC - Região Metropolitana de Curitiba;
SENAI - Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial;
SÍNDICER - Sindicato das Indústrias Cerâmicas;
TECPAR - Instituto de Tecnologia do Paraná;
UTFPR - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

CAPÍTULO 1- INTRODUÇÃO

As ações do Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat, PBQP-H, têm por objetivo otimizar a qualidade das habitações, envolvendo os materiais e componentes empregados, enfocando os projetos e obras realizadas, através da parceria com o meio produtivo, firmando acordos setoriais, estabelecendo que as empresas, cujos setores já possuam acordos setoriais da qualidade, obedeçam aos programas setoriais e as normas técnicas e comprovem sua qualificação, como condição para participar de concorrências. Preconizam a minimização de desperdícios, tanto de materiais como de horas de trabalho despendidas em retrabalho, de modo que os processos construtivos se equiparem as ações em que fique evidenciado um esforço na direção da industrialização com qualidade. A minimização dos desperdícios tem um impacto direto sobre o meio ambiente e essa questão é particularmente sensível para a cadeia da construção civil, que é conhecida como a grande consumidora de materiais, tanto naturais como manufaturados (BRASIL, 2006).

Neste contexto se enquadra a indústria dos blocos cerâmicos e caracterizando-os como insumo essencial à construção civil, pressupõe-se que a qualidade das construções dependerá da qualidade dos insumos. Apesar do desenvolvimento de técnicas construtivas como a alvenaria estrutural com bloco de concreto, sistema drywall, entre outros, o uso da alvenaria de tijolos não sofreu solução de continuidade, e o consumo dos blocos de concreto e cerâmico progrediu surpreendentemente nestes últimos anos (MOLITERNO, 1995)

As indústrias de blocos cerâmicos empenham-se em apresentar produção para atender a demanda do mercado. Entretanto não atendem os critérios de qualidade exigidos pelas Normas Brasileiras. Sendo assim, para auxiliar o setor industrial, o Sindicato das Indústrias Cerâmicas, a UTFPR, TECPAR, MINEROPAR, SENAI, a ANICER, a Associação Brasileira de Cerâmica (ABC), o Centro Cerâmico do Brasil (CCB), dentre outras instituições, tem realizado esforços, contemplando ações, desde a mobilização do setor, passando pelo incentivo ao desenvolvimento de pesquisas tecnológicas e, principalmente, visando a certificação de seus produtos através de procedimentos estabelecidos pelo Programa Setorial de Qualidade de Blocos Cerâmicos PSQ-BC, (ANICER,2004).

Como resultado destes esforços foi instituído o Programa Setorial de Qualidade dos Blocos Cerâmicos PSQ-BC, que objetiva assegurar a implantação de mecanismos específicos de combate à não conformidade intencional dos blocos cerâmicos para alvenarias comercializados no mercado consumidor, garantindo a adequação às Normas Técnicas Brasileiras. As proposições e ações constantes do Programa Setorial da Qualidade dos Blocos

Cerâmicos visam ainda, o aprimoramento e padronização dos produtos e serviços deste setor, tendo a sociedade civil como a principal beneficiária destas ações.

O programa PSQ-BC estima alcançar a conformidade dos produtos blocos cerâmicos de caráter heterogêneo do setor, no patamar de 90% até dezembro de 2008. A avaliação das construtoras realizada pelo SiAC (Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil), baseada na série das normas ISO 9000, busca contribuir para a evolução dos patamares de qualidade do setor, envolvendo especialidades técnicas de execução de obras, serviços especializados de execução de obras, gerenciamento de obras e elaboração de projetos.

Dentro deste esforço de melhoria de qualidade foram revisadas as normas técnicas originando a NBR 15270-1-3 (ABNT, 2005), que permitem a variabilidade das características de blocos cerâmicos de vedação colocados no mercado em aspectos como dimensões, absorção de água e resistência à compressão. A variabilidade apresentada pelos blocos cerâmicos disponíveis no mercado caracteriza a origem desta dissertação.

1.1- OBJETIVOS

O objetivo desse trabalho é avaliar a qualidade dos processos das indústrias cerâmicas sindicalizadas da Região Metropolitana de Curitiba (RMC) com base nos índices de capacidade.

O levantamento e a análise dos dados fornecerão ao setor de controle de qualidade de produção da Indústria Cerâmica os procedimentos estatísticos necessários para efetuar o controle de processo visando à qualidade do produto final. De posse destes, as indústrias poderão mensurar a capacidade de produção, determinando elementos concretos para ajustar os seus produtos e se adequar às exigências do Programa Nacional de Qualidade PBQP-H / PSQ-BC.

1.2- LIMITAÇÕES DO TRABALHO

A pesquisa limita-se a indústrias cerâmicas sindicalizadas (MINEROPAR, 2000), (SÍNDICER, 2006) em Curitiba e RMC. O produto analisado refere-se a blocos cerâmicos de vedação, sem finalidade estrutural, com seis furos e dimensões 9x 14 x19 cm.

Os blocos de vedação são aqueles destinados à execução de paredes que suportarão o peso próprio e pequenas cargas de ocupação (armários, pias, lavatórios) e geralmente são utilizados com os furos na posição horizontal (INMETRO, 2005).

Foram selecionadas quinze indústrias cerâmicas sindicalizadas. A composição da amostra caracterizou-se por dez indústrias participantes do diagnóstico de olarias (WICZIK,

2006) e cinco indústrias que não participaram do diagnóstico. Para cada uma das quinze indústrias selecionadas analisou-se o índice de capacidade de produção em relação às características geométricas (largura, altura e comprimento), característica física (absorção de água), característica mecânica (resistência à compressão).

1.3- JUSTIFICATIVAS

As indústrias cerâmicas da RMC produzem blocos cerâmicos de vedação os quais devem se equivaler em aspectos como dimensões e absorção de água, conforme especificações das Normas Técnicas Brasileiras NBR 15270-1 e NBR 15270- 3 (ABNT, 2005). Este trabalho tem como origem sugestões para pesquisas do mestrando KURCREVSKI (2003), que realizou sua pesquisa com indústrias da região centro sul do Estado do Paraná. No presente trabalho, os blocos têm origem em Curitiba e na RMC, considerada a mais importante região, em termos de construção civil, no estado do Paraná.

Os fatores determinantes da pesquisa são as exigências do Código de Defesa do Consumidor (CDC,1990) com relação ao cumprimento das especificações técnicas dos produtos da indústria cerâmica colocados no mercado de consumo, que não devem estar em desacordo com as normas expedidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas ou outra entidade credenciada pelo Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – CONMETRO.

Conforme Mitidieri (2002) o Instituto Tecnológico de Pesquisa estabeleceu critérios mínimos de desempenho a serem atendidos, abaixo dos quais poderemos ter habitações de qualidade ou desempenho não desejáveis. Os “requisitos e critérios de desempenho, são entendidos, respectivamente, como condições qualitativas (requisitos) e condições quantitativas (critérios), às quais um determinado produto deve atender quando submetido às condições de exposição, a fim de que sejam satisfeitas as exigências dos usuários”.

Os estudos dos índices de capacidade são ferramentas que permitem otimizar o consumo de matéria prima na produção dos blocos cerâmicos de vedação. Vem diretamente ao encontro da expectativa da sociedade e comunidade técnica, no sentido da melhoria da qualidade dos produtos oferecidos ao mercado consumidor e da preservação do meio ambiente. A produção de blocos cerâmicos de vedação, por envolver indústrias que exploram os recursos naturais, caracteriza-se como agressiva ao meio ambiente.

O mundo tomou consciência, nos últimos 25 anos, dos problemas ambientais causados pelo nosso desenvolvimento, ameaçando a vida na Terra. A poluição do ar, a devastação dos recursos naturais e a geração de lixo e resíduos estão reduzindo a qualidade de vida. Koroth

(1998), explica que devem ser formulados índices que avaliem a durabilidade dos blocos cerâmicos levando em conta a distribuição de tamanho de poro como também as características de absorção de água pelo bloco cerâmico.

De acordo com Amazonas (1995), em 1987 um documento das Nações Unidas conhecido como “Relatório Brundtland” identificou que nosso desenvolvimento econômico sob a forma atual é insustentável, pois não respeita as necessidades de desenvolvimento das futuras gerações. Definiu assim “desenvolvimento sustentável” como aquele que atende às necessidades atuais, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de também atenderem às suas próprias.

O desenvolvimento sustentável significa a preservação dos recursos naturais e do meio ambiente, o gerenciamento da energia, do lixo e do transporte. Também envolve a distribuição equânime dos benefícios da atividade econômica pelos diversos segmentos sociais, a melhoria do bem-estar dos indivíduos, a proteção da saúde e a redução da pobreza. Constitui-se num processo de mobilização de consciência entre os indivíduos e nações em favor de um compromisso ético com as futuras gerações.

A indústria cerâmica terá de enfrentar esse desafio de atender a demanda crescente das edificações sem aumentar o seu impacto sobre o meio ambiente assegurando o desenvolvimento sustentável. O aumento da durabilidade das edificações é um meio de preservar matérias primas e de conservar energia, e de transformar a indústria cerâmica em parte da solução do problema do desenvolvimento sustentável.

Durante os dois últimos séculos da Revolução Industrial, a ênfase foi posta na produtividade do trabalho, através da otimização do tempo de produção, pois o estoque global de reservas naturais era abundante e o meio ambiente encontrava-se em equilíbrio. Com a evolução do processo de produção a mão-de-obra tornou-se abundante, e que os recursos naturais renováveis e o meio ambiente passaram a exigir atenção. A ênfase na produtividade do trabalho deve ser substituída pela ênfase na produtividade dos recursos naturais (KUMAR, 2001).

A produtividade dos recursos naturais pressupõe a minimização do uso das matérias primas e a maximização da durabilidade do produto, além da redução dos custos de manutenção e reparo, do que resulta maior satisfação do consumidor, aumento do valor do produto e maior rentabilidade empresarial. No instante em que ambos, produtor e consumidor tiverem adquirido interesse em aumentar a produtividade dos recursos naturais, estarão, a um só tempo, protegendo os ecossistemas de nosso planeta (MINEROPAR, 1997).

A contribuição da pesquisa em termos de aspectos tecnológicos ocorrerá à medida que as indústrias cerâmicas estiverem aperfeiçoando seus sistemas de tecnologia de fabricação, promovendo melhorias contínuas em seus produtos, e alcançando fatias consistentes de participação de mercado (MINEROPAR, 1997).

Os consumidores finais poderão contar com blocos cerâmicos com qualidade quanto aos requisitos dimensionais, absorção de água e resistência à compressão. Os benefícios gerados diretamente à sociedade civil serão bastante representativos a partir do momento que um grupo homogêneo de fabricantes de bloco cerâmico esteja alinhado com o objetivo da habitação, de elevar para 90% (noventa) o percentual médio de conformidade com as normas técnicas dos produtos que compõem a cesta básica de materiais de construção (ANICER, 2004).

Nesta dissertação não foi formulado um modelo nem uma teoria no sentido clássico, mas sim realizados estudos estatísticos específicos para o processo industrial de blocos cerâmicos. Somando esforços com os pesquisadores mencionados ao longo do trabalho, espera-se sinalizar parte do caminho que leve à uma solução para a definição da capacitação das indústrias cerâmica de Curitiba e RMC e conseqüentemente para melhorias da qualidade dos blocos cerâmicos fornecidos ao mercado consumidor.

1.4- ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Visando atingir o objetivo proposto, estruturou-se o trabalho em cinco partes, cujos conteúdos integram os capítulos desta dissertação, organizados da forma como segue.

No primeiro, apresenta-se a contextualização do trabalho, o problema de pesquisa, sua relevância e os objetivos propostos. As limitações do trabalho são explicitadas, finalizando com a estrutura adotada no seu desenvolvimento.

O segundo capítulo contém a fundamentação que direciona o trabalho. A construção teórico-empírica é delineada, sendo relacionados pesquisas e estudos provenientes de vertentes do conhecimento aqui utilizadas. São revisados os conceitos referentes ao processo produtivo de fabricação dos blocos cerâmicos, os conceitos de qualidade, e as ferramentas estatísticas de controle de qualidade.

Já o terceiro capítulo aborda a metodologia de pesquisa adotada, traçada a partir das questões que resumem o problema aqui abordado. Delimitou-se a abordagem, desenhando as perspectivas do estudo e suas limitações. Neste contexto, escolheram-se as técnicas de pesquisa, sendo descrito o universo de referência. Por fim, relatou-se a pesquisa de campo realizada.

No capítulo quatro, a análise e discussão dos resultados circunscrevem a dissertação em relação aos seus propósitos iniciais.

As considerações finais no capítulo cinco encerram a dissertação apresentando a conclusão referente a avaliação do controle estatístico de processo das indústrias cerâmicas da Região Metropolitana de Curitiba com base nos índices de capacidade e incluem-se sugestões para trabalhos futuros.

Finalmente, são listadas as referências bibliográficas que nortearam o desenvolvimento do trabalho, e no apêndice estão os modelos das planilhas empregadas na pesquisa para registro dos dados obtidos em laboratório para aplicação processo estatístico.

CAPÍTULO 2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, são apresentados aspectos relacionados à produção da cerâmica vermelha focada nos blocos cerâmicos, os conceitos de qualidade e produtividade empregados no Controle Estatístico do Processo (CEP), e os diferentes tipos de gráficos de controle.

2.1- CERÂMICA VERMELHA

Chama-se cerâmica a pedra artificial obtida da moldagem, secagem e cozedura de argilas ou de misturas contendo argilas. Em certos casos, pode ser suprimida por algumas das etapas citadas, mas a matéria prima é a argila. Nos materiais cerâmicos a argila fica aglutinada por uma pequena quantidade de vidro, que surge pela ação do calor de cocção sobre os componentes da argila (Verçosa, 1994).

Submetida a uma secagem lenta à sombra para retirar a maior parte da água, a peça moldada é em altas temperaturas que lhe atribuem rigidez e resistência mediante a fusão de certos componentes da massa, fixando os esmaltes das superfícies. A cerâmica pode ser uma atividade artística, em que são produzidos artefatos com valor estético, ou uma atividade industrial, através da qual são produzidos artefatos com valor utilitário. De acordo com o material e técnicas utilizadas, classifica-se a cerâmica em:

- a) Terracota - argila cozida no forno, sem ser vidrada, embora, às vezes, pintada cerâmica vidrada - o exemplo mais conhecido é o azulejo;
- b) grês - cerâmica vidrada, às vezes pintada, feita de pasta de quartzo, feldspato, argila e areia;
- c) Faiança - louça fina obtida de pasta porosa cozida a altas temperaturas, envernizada ou revestida de esmalte sobre o qual se pintam motivos decorativos.

Utilizados desde 4.000 a.C. pelo homem, os materiais cerâmicos se destacam pela sua durabilidade, além da abundância da matéria-prima (argila) utilizada. Não se sabe exatamente a época e o local de origem do primeiro tijolo. Possivelmente foram os romanos os primeiros a utilizar o produto na forma que conhecemos hoje, registrada através das ruínas desta civilização que dominava o processo de queima da argila.

Presume-se que a alvenaria tenha sido criada a cerca de 15.000 anos, pois necessitando de um refúgio natural para se proteger do frio e dos animais selvagens, o homem decidiu empilhar pedras (ANICER, 2004).

No entanto, quando a pedra natural começou a se escassear, o homem passou a substituí-la pelo tijolo seco ao sol. O registro mais antigo do tijolo foi encontrado nas

escavações arqueológicas em Jericó Oriente Médio, no período Neolítico inicial (ANICER, 2004).

A unidade de alvenaria (tijolo) era uma peça grande em forma de pão, seca ao sol, pesando em torno de 15 kg. Nestas unidades de barro, conformados à mão, se encontram marcados os dedos do homem neolítico que as elaborou.

Uma forma - a cônica - é de interesse, pois se repete e está presente em lugares distantes sem ligação direta e em situações semelhantes. As unidades cônicas se encontram em muros construídos, por exemplo, na Mesopotâmia, há cerca de 7.000 anos, e na zona da costa norte do Peru, no Vale do Rio Chicama (ANICER, 2004).

Nos países em desenvolvimento é observada a conscientização da importância do uso da alvenaria como material de construção civil, permitindo até habitações de interesse social.

Face o exposto, encontram-se em andamento programas de pesquisas e a introdução da disciplina de alvenaria estrutural nos cursos de engenharia e arquitetura. Cumpre salientar que este processo está sendo adotado nas maiores universidades do país e encontra-se em discussão nas demais.

2.1.1- Constituição da matéria prima

Petrucci (1993) define os produtos cerâmicos como materiais de construção obtidos pela secagem e cozimento de materiais argilosos. Segundo o mesmo autor, em geral as argilas são substâncias minerais provenientes da decomposição das rochas ígneas feldspáticas, sendo compostas por minerais chamados silicatos de alumínio hidratados, que misturados com a água formam uma pasta plástica, suscetível de conservar a forma moldada, secar e endurecer sob a ação do calor. Contudo, pode-se dizer que existe uma grande variedade de argilas, com toda uma gama de coloração, plasticidade, composição química, etc.

As matérias-primas que podem ser empregadas na fabricação dos produtos cerâmicos são as seguintes:

- a) Plásticas: substâncias argilosas, matéria ativa (argila, caulim em cerâmica branca e talcos especiais);
- b) desengordurantes: atuam reduzindo a retração e diminuindo a plasticidade (areia e carvão vegetal, por exemplo).

Os blocos cerâmicos utilizados nesta pesquisa

2.1.2- Classificação da matéria prima

Petrucci (1993) classifica as argilas, comumente usadas na fabricação de peças cerâmicas, segundo diversos critérios.

c) Segundo a sua estrutura:

- laminares ou foliáceas;
- caulinitas: mais puras usadas na indústria de refratários, porcelana e louça sanitária;
- montmorilonitas: pouco usadas, são muito absorventes e possuem alto grau de inchamento; são misturadas às caulinitas para corrigir a plasticidade;
- micáceas: são mais abundantes e empregadas na fabricação de tijolos.
- fibrosas: não usadas na fabricação de produtos cerâmicos.

d) Segundo o seu emprego:

- infusíveis: constituídas praticamente de caulim puro, após cozimento apresentam cor branca translúcida, utilizadas para fabricação de porcelanas;
- refratárias: muitas puras, não se deformam até 1500° C, baixo coeficiente de condutibilidade térmica, usadas para revestimento de fornos;
- fusíveis: deformam-se e vitrificam-se a temperaturas inferiores a 1200°C, usadas na fabricação de telhas e tijolos, material sanitário e na produção de cimento.

e) Segundo a plasticidade:

- gordas: ricas em material argiloso e pobres em desengordurante, são plásticas e apresentam alta deformação quando cozidas;
- magras: muito silicosas, geram produtos porosos e frágeis.

2.1.3- Características da matéria prima

Algumas propriedades físicas da argila, bastante importantes no processo de fabricação e na qualidade do produto final obtido, também podem ser listadas. Entre elas, podem ser citadas (PETRUCCI 1993).

a) Plasticidade

É a propriedade que um corpo possui de, quando deformado pela aplicação de uma força, conservar esta deformação após o carregamento ser retirado. O estado plástico pode ser considerado um estado intermediário entre o estado sólido e o líquido.

A plasticidade das argilas varia com a quantidade de água. A argila seca tem plasticidade nula. Acrescentando água ela vai ganhando plasticidade até um limite máximo.

Acima disso as partículas laminares se separam a argila perde a plasticidade e se torna um líquido viscoso.

Conforme Ruy (2004), uma das operações mais importante da indústria cerâmica é o ajuste do teor de água que consiste na abertura e fechamento de uma torneira junto à extrusora. O teste para decidir sobre a abertura ou fechamento da torneira é verificar se a massa suja a mão ou se não apresenta plasticidade quando manipulada. A manutenção do teor de umidade é fundamental para estabilidade dimensional e geométrica das peças cerâmicas.

A classificação das argilas quanto à plasticidade é feita segundo o índice de consistência, variando de moles, médias, rijas a duras. O índice de consistência é calculado com base nos limites de liquidez e de plasticidade da argila, os quais são determinados por ensaios de laboratório.

b) Retração

É a propriedade que as argilas têm de variar de volume com o teor de umidade: quando a umidade diminui, o volume acompanha, sendo a recíproca verdadeira.

A retração está intimamente ligada à saída da água. A água forma pequenos depósitos no interior das peças cerâmicas e, na sua saída, retrai o conjunto. Não ocorre de maneira uniforme em toda a peça, podendo deformar os objetos moldados.

É uma propriedade que deve ser levada em conta para obtenção de um produto acabado de melhor qualidade. As argilas necessitam de água para obterem a plasticidade suficiente para moldagem, inevitavelmente retraindo-se durante os processos de secagem e queima. Quanto menor a quantidade de água necessária para a moldagem, melhor o produto final.

Uma maior quantidade de água presente na argila facilita a homogeneização, aumenta a plasticidade e facilita a moldagem. Porém, além de uma maior retração, gasta-se mais energia para secagem e queima.

As dimensões precisas de um bloco cerâmico dependem de baixa retração que é função teor de água baixo e do teor elevado de argilite, saibro, tabatinga, ou folhelho. Como a retração de secagem é maior que a retração de queima, o efeito da água sobre a dimensão pode ser maior que o efeito da temperatura de queima. A estabilidade do teor de água na extrusão deve ser um dos objetivos mais importantes das indústrias de blocos na medida que se requeira qualidade e padronização(RUY,2004).

A manutenção do teor de umidade constante na massa depende do ajuste prévio e do ajuste final. O ajuste prévio é obtido pelo “sazonamento”. O material depositado no pátio da olaria, sob a ação do intemperismo e operações de reviravolta e manuseio é estabilizado e a

massa atinge o teor de umidade próximo do ideal. O ajuste final ou ajuste fino é realizado pouco antes de massa entrar na extrusora, pela adição de pequenas quantidades de água e pode ser efetuado manualmente ou automaticamente.

c) Porosidade

É a relação entre o volume de vazios e o volume aparente total de uma peça cerâmica. Influi diretamente na absorção de água de uma peça, tornando-se assim uma propriedade importante (KHALAF,2002). A porosidade também diminui a resistência mecânica, a densidade e a condutibilidade térmica e condutibilidade elétrica.

Alguns fatores diminuem a porosidade, tais como materiais que causam a vitrificação da massa com a queima, como, por exemplo, a cal. Outros, contudo, podem aumentá-la, tais como:

- a presença de materiais que desaparecem durante a queima (serragem, pedaços de carvão);
- a adição de materiais porosos às argilas, como a vermiculita;
- materiais que criem fase gasosa durante as reações químicas na queima.

d) Impurezas

São citados a seguir alguns tipos de impurezas e seus efeitos sobre a argila:

- sílica livre: reduz a plasticidade, diminui a retração, facilita a secagem, reduz a resistência à tração e aumenta a brancura;
- alumina livre: reduz a plasticidade, reduz o trincamento e reduz a resistência mecânica;
- álcalis: rebaixam o ponto de fusão, aumentam a porosidade, facilitam a secagem e reduzem a plasticidade;
- matéria orgânica: aumenta a porosidade;
- sais solúveis: geram eflorescências;
- óxido de ferro: diminui as características refratárias;
- cálcio: clareia a cor da argila.

2.1.4- Processo de produção

As seqüências para fabricação de produtos cerâmicos variam de processos mais simples como para a produção de tijolos e telhas, até processos mais sofisticados como azulejos, pisos e louças sanitárias.

Na Figura 1 Petrucci (1993), apresenta um esquema básico de fabricação, onde as etapas básicas (exploração da jazida, barreiro, tratamento da matéria prima, homogeneização, moldagem, secagem e queima) são apresentadas.

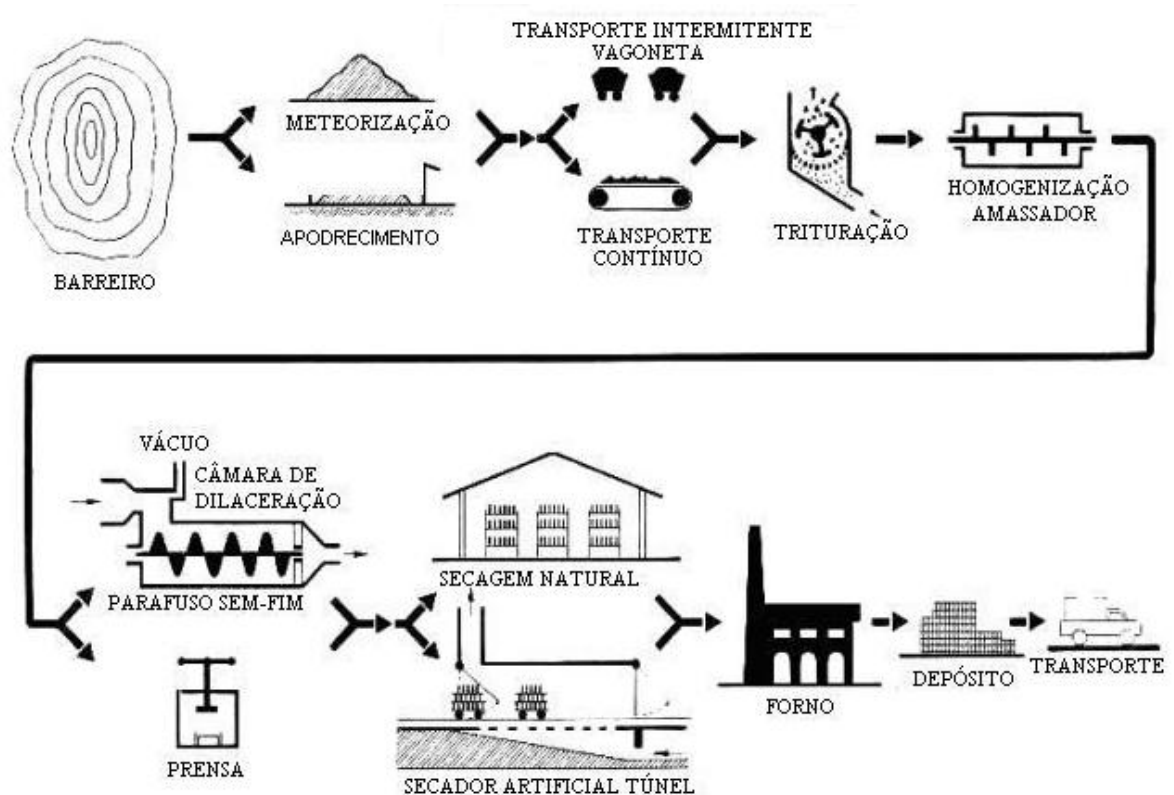


Figura 1-Esquema básico de fabricação de produtos cerâmicos

e) FONTE (PETRUCCI, 1993)

A seguir cada uma das etapas de fabricação de produtos cerâmicos é descrita mais detalhadamente.

2.1.4.1- Exploração das jazidas

VERÇOSA (1995) comenta que, antes da exploração das jazidas deve-se realizar o estudo da viabilidade técnica e econômica, segundo os seguintes aspectos:

- classificação e qualificação das propriedades da argila;
- volume total disponível de argila na jazida;
- acesso para veículos pesados;
- logística de distribuição ao consumidor;
- necessidade de RIMA (relatório de impacto no meio ambiente).

2.1.4.2- Tratamentos da matéria prima

Entre os tratamentos prévios à fabricação dos produtos cerâmicos podem ser citadas a depuração, trituração, homogeneização e umidificação. Os processos de tratamento podem ser naturais ou mecânicos. Os processos naturais consistem em métodos simples, como a estocagem da matéria prima em aterros, sob as intempéries, para a lavagem e desagregação. São métodos artesanais, usados apenas em olarias de pequeno porte. Já os métodos mecânicos são mais usados.

A depuração consiste na eliminação das impurezas que possam prejudicar o material, tais como grãos duros, nódulos de cal e sais solúveis. Estas impurezas podem dar origem a uma secagem anormal do produto, prejudicando a sua qualidade final. É executada por processos de suspensão, sedimentação e filtração para retirada das impurezas. Também pode ser realizado o peneiramento, para retirada de fragmentos de rocha e pedaços maiores de matéria orgânica.

A fase de trituração é necessária para uma melhor homogeneização. Os grumos das argilas devem ser reduzidos a pequenos fragmentos e os desgordurantes reduzidos a pó. Pode ser feita em destorroadores ou moinhos de rolos

Durante a homogeneização é feita a mistura da argila com o desgordurante. Logo após, faz-se a umidificação, misturando-se a quantidade de água necessária para facilitar a homogeneização. Geralmente são utilizados misturadores horizontais com filas duplas de pás helicoidais, como pode ser observado na Figura 2. Também pode ser utilizado o laminador, que funciona como homogeneizador e triturador ao mesmo tempo e proporciona uma excelente homogeneização. É composto de dois rolos de velocidades diferentes que proporcionam atrito e desintegram a argila.

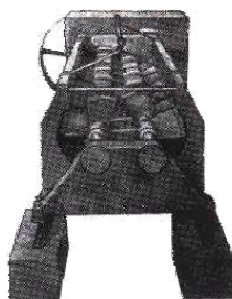


Figura 2 Misturadora horizontal

FONTE: PETRUCCI (1993)

2.1.4.3- Conformação

A conformação é a etapa do processo cerâmico onde se dá o formato final ou parcial para a peça. Os métodos tradicionalmente empregados para a conformação dos produtos cerâmicos são: tornearia, extrusão e prensagem. O fluxograma da figura 3 mostra cada etapa necessária para a obtenção do bloco cerâmico .

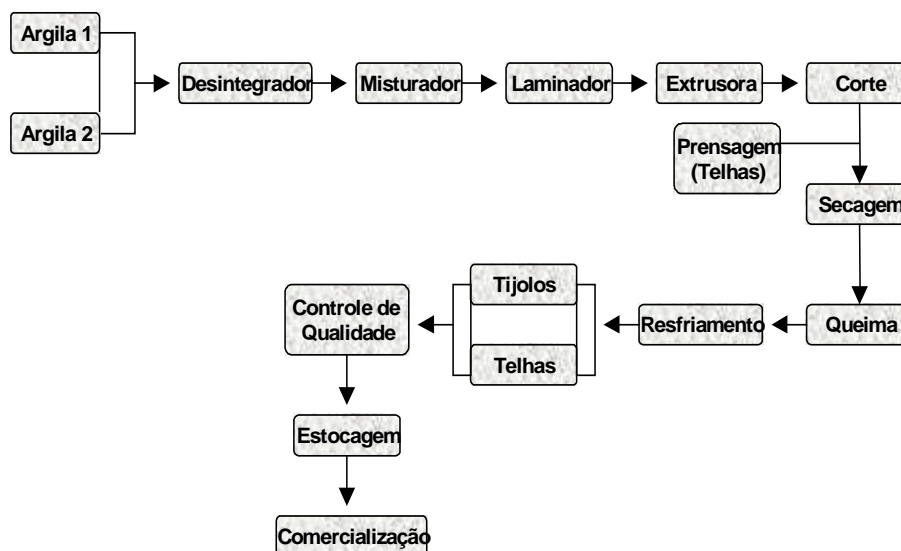


Figura 3 Fluxograma da produção de tijolos e telhas

FONTE: LOYOLA(1999).

A opção por um determinado método depende das condições de trabalho das massas, tamanho da peça, das dificuldades de fabricação, das tolerâncias especificadas, do fator econômico. No caso da cerâmica vermelha utiliza-se comumente o método de extrusão, para tijolos e blocos.

A extrusão é o método de conformação de peça usando-se uma massa com umidade variando de 18 a 30%, dependendo do tipo de massa. Para tal, utiliza-se uma máquina de estrutura de ferro fundido e partes de aço chamados maromba, equipada de boquilha, por onde a massa é forçada a passar, dando o formato da peça, que varia de acordo com o tipo de boquilha. Na extrusão pode-se obter a homogeneização e compactação da massa. Essa compactação se deve à bomba de vácuo, que retira o ar da câmara de extrusão. As marombas se caracterizam de acordo com a capacidade, formas de boquilhas e câmara de vácuo.

A moldagem é o processo de dar forma definitiva à pasta. Os tipos de moldagem estão ligados à plasticidade e à quantidade de água adicionada. A moldagem é realizada conforme a consistência da pasta:

- a seco: são os processos de prensagem. Produzem materiais de bom acabamento e boas características físicas, como exemplo telhas, tijolos maciços, azulejos e pastilhas;

- com pastas consistentes: são os processos de extrusão usados principalmente para confecção de peças vazadas. Usam-se câmaras de vácuo para retirar o ar, aumentando a plasticidade (ver Figura 4). São usados para confecção de tijolos furados e blocos cerâmicos;

- com pasta fluida: usa-se o processo da barbotina. A matéria prima é utilizada no estado líquido e são aplicados processos de decantação e filtração para purificação. A barbotina é vertida em moldes de material poroso (gesso) para absorver água e o produto descola-se por retração. Usado em louças sanitárias, porcelanas e isoladores elétricos.

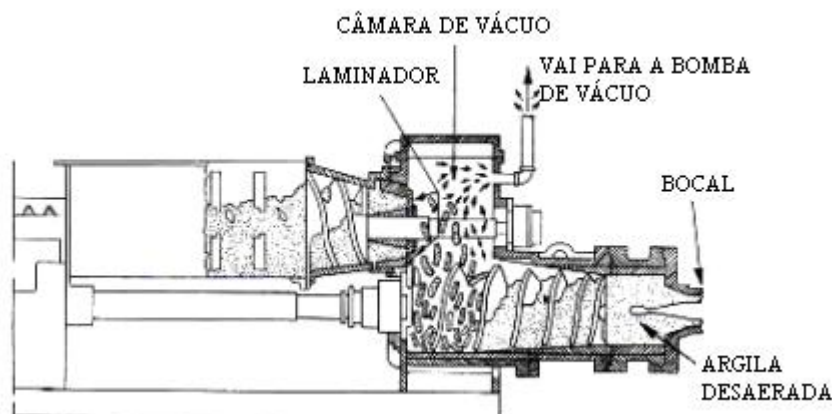


Figura 4 - Moldagem por bocal usando câmara de vácuo

FONTE: PETRUCCI (1993)

2.1.4.4- Secagem

A secagem é uma fase importante no ciclo de tecnologia de fabricação de materiais cerâmicos. Este processo tem a missão de eliminar quase que completamente a água que está contida nas peças depois de sua conformação. Após a moldagem, as peças ainda tem de 7% a 30% de umidade e é o processo de secagem que tira esta umidade para posterior queima.

A secagem é indispensável pois não é possível queimar o material úmido devido ao rápido aquecimento do forno, que poderá produzir deformações e trincas nas peças, provocadas pela intensa evaporação que sofre a água no interior da peça. Se não for bem conduzida, a secagem resultará na retração das peças e, conseqüentemente, em deformação. Essa retração ocorre enquanto evapora a água absorvida. Já a água dos poros não causa deformação, porque é substituída imediatamente por ar (Verçosa, 1995).

A secagem aumenta também consideravelmente a resistência mecânica do material, permitindo maior facilidade de manuseio das peças em outras operações dentro da fabricação.

As argilas gordas, que apresentam plasticidade bastante acentuada, requerem maior tempo de secagem, manifestando grandes contrações e pequenos volumes abertos em seu interior. As argilas magras, com pouca plasticidade, formam texturas compactas e portanto mais permeáveis, permitindo secagem mais rápida. Quando a massa é bem misturada e tem sua umidade bem distribuída em todo o corpo cerâmico, e sua espessura apresenta-se igual em todos os lados da peça, é possível uma secagem de melhor qualidade, pois a evaporação ocorre na superfície da peça.

Um processo de secagem mal realizado e não uniforme pode provocar retração excessiva e descontínua da peça, com posterior fissuração. A retração da superfície é devida à evaporação da água que a submete a uma tensão elevada, dada a natureza incompressível do interior ainda molhado. A retração excessiva é causada por uma evaporação violenta, originando fendas e deformações. Para se evitar estes defeitos de secagem, é necessário não se produzir um gradiente de temperatura muito elevado.

Os processos de secagem podem ser naturais ou artificiais. Nos naturais, a secagem é feita ao ar, com as peças protegidas do vento e dos raios solares. Já os artificiais, que podem ser contínuos ou intermitentes, em geral aproveitam o calor dos fornos de queima para melhor aproveitamento de energia.

Segundo Verçosa (1995), há quatro processos básicos de secagem:

- a) Secagem natural: é o processo comum nas olarias, mas é mais demorado e exige grandes superfícies. Ela é feita em telheiros externos, ao abrigo do sol e com ventilação controlada. Às vezes, é realizada em depósitos quase fechados, de madeira, colocados em torno e acima do forno, do qual aproveitam o calor;
- b) Secagem por ar quente-úmido: o material é posto nos secadores, onde recebe ar quente com alto teor de umidade, até que desapareça a água absorvida. Aí então recebe só ar quente, para perder a água de capilaridade. Com isso as deformações são mínimas;
- c) Secagem de túnel: são túneis de alguma extensão, pelos quais se faz passar o calor residual dos fornos (de 40 a 150°). As peças são colocadas em vagonetas, que percorrem lentamente o túnel no sentido da menor para a maior temperatura.
- d) Secagem por radiação infravermelha: é pouco usada, em razão do custo e por só servir para peças delgadas. No entanto, dá alto rendimento e pouca deformação. É usada para peças de precisão.

O funcionamento da maioria dos secadores cerâmicos está baseado no processo por convecção, surgindo diversos fatores que influenciam no processo de secagem. Os mais importantes são: temperatura do ar, umidade relativa do ar de secagem, velocidade do ar, espessura da peça a secar e permeabilidade do sólido (quantidade e tamanho dos poros). Os secadores devem ser confiáveis e flexíveis para atender as diferentes características de cada indústria. Dentre os secadores, destacam-se o secador estático e o dinâmico.

No secador estático, que também é conhecido como estufa ou secador de câmara, os produtos não se movimentam e a vazão de ar e a temperatura mudam com o tempo. O secador estático tem por função específica levar o material cru de uma temperatura inicial ambiente a uma temperatura de aproximadamente 100°C, num período de tempo de várias horas, de acordo com as experiências de produção. O material a secar é colocado sobre estantes (grandes), bandejas ou paletes, que são colocados dentro das câmaras por meio de carrinhos mecânicos, empilhadeira e outros.

As dimensões e o número de câmaras são fixados tendo como base a produção diária em função do ciclo de secagem prevista. A circulação forçada de ar quente é obtida por meio de carros pilotos que se movimentam dentro das câmaras ou meio de ventiladores fixos nas paredes e tetos falsos. Normalmente, o ar quente é injetado na entrada, na parte inferior. Os secadores de câmara devem trabalhar sob pressão, a fim impedir a entrada do ar frio parasita. A expulsão do ar frio é feita por efeito de pressão existente na câmara.

Já no secador dinâmico, os produtos são móveis e o fluxo de ar em vazão e a temperatura são constantes. O tempo de secagem é de geralmente 24 horas e poderá ser reduzido para até um período de 1h. Os produtos podem ser movimentados sobre vagões, balanças ou roletes. Neste tipo de secador, o custo dos suportes de produtos, vagões, roletes e balanças são diferentes e proporcionais ao tempo de secagem. De uma maneira geral, o tempo de secagem deve ser o mais curto possível para diminuir esse custo.

O sistema de movimentação dos vagões é geralmente mecanizado e de sua complexidade depende o custo total do secador e sobretudo o custo da manutenção

Há três tipos de secadores dinâmicos:

- secador túnel: o material a secar é colocado sobre carrinhos, com diversos planos, que viajam nos trilhos empurrados por meio de empurradores mecânicos ou hidráulicos. Entre as duas filas de carrinhos colocam-se os ventiladores que podem ser móveis ou fixos. O secador túnel pode ser semi-contínuo, onde os carrinhos com o material entram e saem dos secadores somente durante o ciclo de trabalho da maromba, ou contínuo, onde os carrinhos

entram e saem do secador durante o dia sem parar. Neste caso, devem-se prever trilhos de reserva para que os produtos úmidos sejam estocados durante a noite e a parada da maromba.

- secador de rolete: constitui-se de uma esfera com rolete nas quais caminha o produto a ser secado. A esfera se movimenta dentro de um condutor fechado na qual, em sentido contrário ao material, avança o ar quente. O ciclo de secagem é da ordem de 50 a 90 min., com de ar dentro do secador de 9 a 11 m/s e a temperatura ambiente entre 150 e 160°C.

- secador rápido a balancim: os materiais cerâmicos a serem processados para a secagem são conduzidos de forma programada aos balancins metálicos com estufantes que, ao receberem a carga, são arrastados em movimento contínuo, com parada periódica, ou um sistema mecânico de correntes movidos por um conjunto redutor de velocidade.

Nas empresas cerâmicas produtoras de bloco e telha ainda há o predomínio da secagem natural.

2.1.4.5- Queima

A queima, cozimento ou cocção de produtos de argila é a operação mais importante e a mais cara entre os processos empregados na manufatura cerâmica.

Além da fabricação e dos problemas econômicos, o sucesso de uma indústria cerâmica depende em grande parte da quantidade e qualidade dos produtos que saem dos fornos e do custo do processo da queima. O cozimento é um processo de tratamento térmico durante os quais várias propriedades das argilas se manifestam.

Durante a evolução do cozimento torna-se necessário manter o forno, em condições de temperatura e tempo definidos e controlados, de modo que o produto seja adequadamente cozido com rapidez e economia.

Nas indústrias cerâmicas definem-se por queima ou cozimento as transformações físico-químicas (as variações da estrutura química e cristalina) e mecânicas (dilatação, porosidade e resistência mecânica), sofridas pelas argilas devido à ação do fogo. As transformações que se sucedem durante a queima, de maneira regular, diferenciam um tipo de argila do outra.

Na queima, deve-se observar o tipo de forno e a quantidade de massa (produto) a ser queimada. A queima deve ser programada levando-se em consideração os produtos a serem queimados, o tipo de forno, o tipo de argila e combustível a ser utilizado e o arranjo das peças na enfora.

Em cerâmica vermelha, as fases de queima podem ser divididas em: pré-aquecimento ou esquento, queima ou "fogo forte".

I) Pré-aquecimento ou esquento:

Devido ao fato do material enornado ainda conter água residual, não retirada no processo anterior da secagem, a primeira fase da queima caracteriza-se por aquecimento gradual ou "esquento", a fim de evitar ocorrências de trincas indesejáveis nos materiais, causados por contrações diferenciais durante a umidade remanescente. Este período pode levar de 8 a 13 horas, dependendo da eficiência do processo de secagem e da geometria e natureza do produto (KURCREVSKI, 2003).

II) Queima ou "fogo forte":

Inicia-se a partir dos 650°C chegando a temperatura de 950°C a 1000°C, ocorrendo.

As reações químicas, proporcionando aos corpos cerâmicos as características de dureza, estabilidade, resistência aos vários agentes físicos e químicos e a coloração pretendida.

Segundo a MINEROPAR (2000), até alguns anos atrás, o setor da cerâmica vermelha utilizava-se exclusivamente de lenha como insumo energético. Com o passar dos anos começou a haver crise de fornecimento da lenha devido à redução das reservas e aumento das distâncias das fontes. Em algumas regiões surgiram novas alternativas de insumo energético, tais como serragem, maravalha, bagaço de cana e palha de arroz (Loyola, 1999). Além destes, outros combustíveis usados na produção de cerâmicas são: o carvão, o gás, a eletricidade e o óleo: diesel, combustível, querosene, mineral, conforme citado por VERÇOSA (1995).

Os fornos empregados no processo de fabricação de blocos cerâmicos podem ser do tipo intermitente, contínuo a fogo móvel e contínuo a fogo fixo. (VERÇOSA, 1995),

Os fornos de funcionamento intermitentes mais comuns são os fornos reversíveis: fornos a fogo ascendente, horizontal e reversível com tiragem por baixo e chama invertida. Construídos de tijolos comuns com fornalhas colocadas ao longo dos muros perimétricos. Os produtos da combustão depois de subir até a abóbada são aspirados por baixo, através de uma "grelha" tijolos (crivo) que constituem o piso do forno. O grande defeito deste tipo forno é a heterogeneidade de temperatura entre o pé e a abóbada, que pode atingir 200°C, e o grande consumo de combustível. Requer um cuidado excessivo no processo de queima, pois pode haver uma grande perda de produtos pelo excesso de queima das primeiras camadas, enquanto que a última fica crua.

É um forno disseminado em todo estado, ocorrendo grande concentração na Região Metropolitana de Curitiba e na região Noroeste (LOYOLA, 1999).

Verçosa (1995) explica que o forno de funcionamento contínuo a fogo móvel mais conhecido é o forno Hoffmann. Normalmente constituído por galerias paralelas, de

comprimento variável entre 40 e 110m, largura entre 2,60 e m, altura entre 2,40 e 2,80m e de seção de 5,5 m² até 8,8 m².

O forno contínuo tipo Túnel, a fogo fixo, tem a fonte de calor em um lugar fixo, e as peças movimentam-se continuamente através dele. Apresenta como primeira vantagem a de que, em qualquer parte, a estrutura do forno permanece na mesma temperatura durante um longo tempo. As peças são carregadas e descarregadas sobre vagonetas ou carrinhos. Este tipo de forno possibilita a redução da mão-de-obra em 90% e a carga e descarga podem ser totalmente automatizadas. A homogeneização da queima é de boa qualidade.

O controle dos fornos é feito por meio de aparelhos e dispositivos como: termopar, termômetro, pirômetro óptico, cone pirométrico, manômetro, deprimômetro, aparelho registrador de pressão e válvula.

Este conjunto de aparelhos ou dispositivos serve para a indicação e controle de variáveis, auxiliando o operador em suas atividades.

2.1.4.6- Resfriamento

Faz-se um resfriamento gradual, pelo efeito chaminé ou "tiragem" do ar dos fornos para os secadores. As "descidas" de temperatura no resfriamento devem ocorrer cuidadosa e lentamente, especialmente entre 600°C e 350°C, onde ocorrem as trincas. Esta fase dura em torno de 38 horas a 50 horas.

2.1.4.7- Armazenamento e expedição

De acordo com Kurcrevski (2003), a movimentação dos produtos da cerâmica vermelha é uma atividade lenta e sequencial. O correto armazenamento, evitando a exposição dos produtos às intempéries e buscando a minimização das perdas por choques mecânicos, e a maior rapidez na carga e descarga das peças nos caminhões de transporte são fatores fundamentais para o sucesso no atendimento ao mercado consumidor. Os clientes deste segmento estão cada vez mais exigentes em relação à data de entrega, agilidade na carga e descarga e integridade das peças adquiridas. A utilização de palets vem sendo a alternativa no que diz respeito à agilidade de entrega e principalmente na apresentação do produto. Predomina o armazenamento em depósitos cobertos e também a céu aberto. A expedição é rodoviária e a granel.

2.1.5- Salubridade e segurança

Arias (2004), coordenador do Programa de Qualidade da Construção, esclarece que os funcionários empresas de cerâmica vermelha devem receber, por lei, um adicional de salubridade. “Empresas desse setor que entram no programa fazem o tratamento todo especial de limpeza de materiais, de controle de processo, entre outras medidas, o que descaracteriza a insalubridade e não há mais a necessidade dessa despesa. Ao mesmo tempo em que proporcionam segurança para os trabalhadores e para a sociedade”.

Conforme Kurcreviski (2004), as áreas mais críticas com relação à salubridade são os locais de trabalho com a presença de calor dos fornos de queima e a poeira gerada na movimentação das pessoas que desenvolvem as atividades diárias no processo de fabricação. As autoridades ambientais reconhecem a necessidade do controle sobre as poeiras produzidas nas várias áreas da indústria. A segurança na indústria cerâmica envolve o estabelecimento e a execução de um programa específica de controle que envolva os operários em conjunto com os profissionais administrativos. Não se evitam acidentes com regulamentos, e sim com conscientização em relação ao manuseio dos produtos com a devida proteção individual básica, tais como máscaras, luvas, óculos etc.

2.1.6- Produtos finais

Segundo São os materiais nos qual a argila é o principal constituinte, senão o único. Têm, em geral, cor avermelhada, decorrente da presença do óxido de ferro. Também apresenta absorção de água elevada e baixa resistência mecânica. Pertencem a esta categoria os tijolos, maciços ou furados, e as telhas.

Os tijolos podem ser maciços ou furados e classificados quanto à sua função (VERÇOSA, 1995)

- de vedação: furados para redução de peso;
- estruturais: usados para suportar alguma parcela de carga estrutural, não somente o peso próprio;
- de acabamento: com bom acabamento externo, para alvenarias sem revestimento;
- especiais: para uso em pisos, lajes pré-moldadas, etc.

As normas NBR 15270-1 e 15270-3 (2005) citam algumas características importantes para os blocos cerâmicos, são elas:

- formas regulares, com dimensões constantes e faces paralelas;
- baixa capacidade de absorção;

- cozimento uniforme;
- resistência à compressão suficiente para o fim proposto;
- homogeneidade da massa, ausência de cavidades, trincas e corpos estranhos.

Os tijolos maciços comuns, também chamados de tijolos comuns ou tijolinhos, são usados mais comumente em alvenarias de fechamento ou vedação, em geral alvenarias aparentes (chamadas de tijolo à vista).

Possuem formato de paralelepípedo e são moldados por prensagem ou extrusão.

O ideal para a especificação de um tijolo é o atendimento às normas brasileiras. Porém, em geral, não se encontram no mercado produtos de conformidade com as mesmas, pelo próprio caráter ainda artesanal do produto. Neste caso, alguns procedimentos simples podem ser adotados, tais como:

- formato: regular ou não;
- dimensões: médias e desvios;
- resistência: observar o número de peças quebradas por lote;
- exame da massa e da queima.

Os tijolos maciços cerâmicos são regidos pelas seguintes normas relacionadas na tabela 1.

NBR 6460/83	Tijolo maciço cerâmico para alvenaria-resistência à compressão
NBR 6460/83	Tijolo maciço cerâmico para alvenaria-especificação
NBR 6460/83	Tijolo maciço cerâmico para alvenaria-forma e dimensões

Tabela 1-Lista de normas da ABNT para tijolos cerâmicos maciços

FONTE: LOYOLA(1999).

Os blocos cerâmicos também chamados de tijolos baianos são encontrados numa grande variedade de texturas das paredes, de tipo e quantidade de furos e de dimensões. Desta forma, torna-se difícil uma norma abrangente. O número de furos e as dimensões, principalmente, são bem regionalizados.

Como citado para os tijolos maciços, na falta de um padrão, podem ser observados alguns itens (formato, dimensões, resistência e exame).

2.1.7- Normas Técnicas vigentes utilizadas na pesquisa

As normas para blocos cerâmicos são as listadas na tabela 2.

Normas Técnicas vigentes utilizadas nesta pesquisa	
NBR 15270-1 (2005)	Componentes cerâmicos PARTE 1 : Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação-Terminologia e requisitos
NBR 15270-2 (2005)	Componentes cerâmicos PARTE 2 : Blocos cerâmicos para alvenaria de estrutural - Terminologia e requisitos
NBR 15270-3 (2005)	Componentes cerâmicos PARTE 3: Blocos cerâmicos para alvenaria de estrutural e de vedação - Métodos de ensaio

Tabela 2-Normas da ABNT para blocos cerâmicos

FONTE: ABNT(2005).

Segundo a NBR 15270-1(2005), os blocos cerâmicos obrigatoriamente deverão:

- trazer a identificação do fabricante;
- ser fornecidos em lotes constituídos de tijolos de mesmo tipo e qualidade;
- não apresentar defeitos sistemáticos tais como trincas, quebras, superfícies irregulares, deformações e desuniformidade de cor;
- seguir formas e dimensões nominais conforme critérios apresentados nas tabelas 3, 4 e 5;

Dimensões L x H x C Módulo dimensional M = 10cm	Dimensões de fabricação cm		
	Largura (L)	Altura (H)	Comprimento (C)
			Bloco Principal
(1)M x (1) M x (2) M	9	9	19
(1)M x (1) M x (5/2) M			24
(1)M x (3/2) M x (2) M		14	19
(1)M x (3/2) M x (5/2) M			24
(1)M x (3/2) M x (3) M			29

Tabela 3 - Dimensões de fabricação de blocos cerâmicos de vedação

,FONTE: ABNT(2005).

Grandezas Controladas	Tolerância individual mm
Largura (L)	± 5
Altura (H)	
Comprimento (C)	
Nota: Grandezas controladas conforme tabela 7	

Tabela 4 - Tolerâncias dimensionais individuais relacionadas à dimensão efetiva

FONTE: ABNT(2005).

Grandezas controladas	Tolerância mm
Largura (L)	± 3
Altura(H)	
Comprimento (C)	

Tabela 5 – Tolerâncias dimensionais relacionadas à média das dimensões efetivas

FONTE: ABNT(2005).

- apresentar resistência à compressão mínima conforme apresentado na tabela 6;

Posição dos Furos	Fb MPa
Para blocos usados com furos na horizontal	$\geq 1,5$
Para blocos usados com furos na vertical (figura 2)	$\geq 3,0$

Tabela 6 – Especificação para a resistência à compressão

FONTE: ABNT(2005).

- ter sua inspeção realizada: por medição direta, a verificar em lotes não superiores a 10000 tijolos; e por ensaio, conforme o número de peças por lote (por exemplo, para um lote com peças entre 3001 e 35000 tijolos, a quantidade da amostras deve ser de 13 peças).

A tabela 7 abaixo representada recomenda duas amostragem de treze blocos cada uma.

Lotes	Número de blocos		Verificações
	1a amostragem ou amostragem simples	2a amostragem	
1000 a 100000	13	13	dimensões características. visuais
Nota: Recomenda-se que, por questões de racionalidade, a inspeção por ensaios seja realizada após a aprovação do lote na inspeção geral.			

Tabela 7 - Número de blocos dos lotes e da amostragem

FONTE: ABNT (2005).

O bloco cerâmico da figura 4 apresenta os furos na posição horizontal e representa o padrão empregado na construção civil para a elevação da alvenaria convencional. Os furos podem ser redondos de mais fácil manuseio, ou quadrados conforme a figura 5 que tornam o bloco de manuseio mais difícil devido a apresentação de bordos afiados.



Figura 04 – Bloco cerâmico de 6 furos

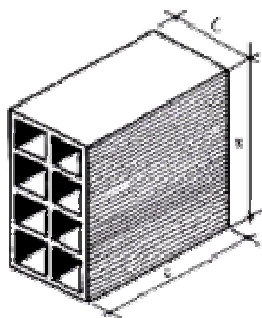
FONTE: ANICER (2004)

Figura 5 - Bloco cerâmico com furos na horizontal

Fonte: Bauer (1995).

A figura 6 mostra o bloco cerâmico com os furos verticais, utilizados em alvenaria estrutural, ou para utilização para alvenaria em tijolo aparente.

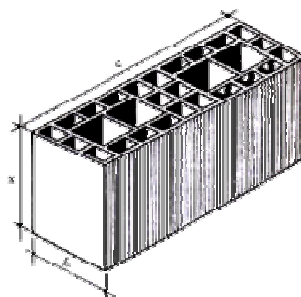


Figura 6- Bloco cerâmico com furos na vertical

FONTE: BAUER (1995)

- tolerância de fabricação: ± 3 mm nas três dimensões e também quanto ao desvio e flecha;
- absorção de água: não deve ser inferior a 8% nem superior a 22%;

Inspeção: por medição direta quanto às dimensões nominais e quanto ao desvio em relação ao esquadro e à planeza dos blocos (ver figuras 07 e 08),

Inspeção por dupla amostragem, sendo 13 peças para lotes de 1000 a 100000; por ensaio à deve ser efetuada somente após aprovação do lote por medição direta, para os ensaios de resistência à compressão e absorção de água, por dupla amostragem, nas mesmas quantidades que por medição direta.

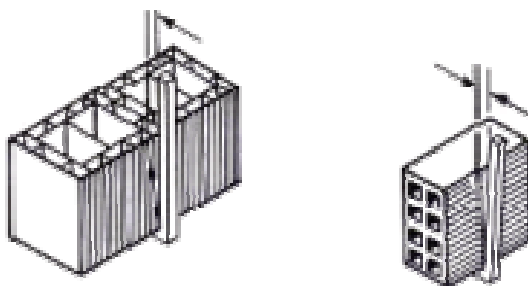


Figura 7 - Desvio em relação ao esquadro.

Fonte: Bauer (1995)

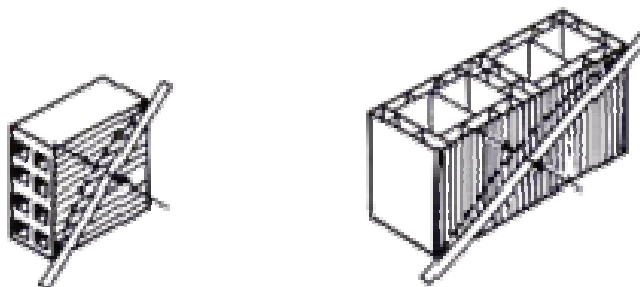


Figura 8 -Planeza das faces

FONTE: BAUER (1995)

Para o recebimento de tijolos, deve ser feita a inspeção visual geral, a medição de verificação das dimensões e ângulos e ensaios de compressão. Os tijolos também devem ser isentos de eflorescências, que caracterizam a presença de sais solúveis.

A forma dos blocos deve ser paralelepípedica. Quanto às dimensões e número de furos, as referências são orientativas e não normativas.

Para atender a Norma Brasileira com relação a produção adequada de blocos cerâmicos é necessário compreender a evolução dos procedimentos da qualidade e produtividade. No próximo item analisa-se a evolução dos estilos de gerenciamento e desenvolve-se o tema correspondente ao controle de processo, relacionando os gráficos de controle que caracterizam o objetivo deste trabalho.

2.2- QUALIDADE, PRODUTIVIDADE E COMPETITIVIDADE.

2.2.1- Controle de Qualidade

Atualmente, os métodos modernos de controle de qualidade desempenham no processo fabricação um importante papel, tendo como consequência de sua aplicação o aumento da produtividade em empresas industriais e comerciais e de prestação de serviços.

A crescente importância do controle de qualidade está associada a uma competição cada vez mais acirrada pelos mesmos produtos e serviços, que demandam artigos cada vez melhores a preços competitivos. A única saída para as empresas que desejam permanecer no mercado sob estas condições é o contínuo aperfeiçoamento dos seus processos de produção, incluindo a implantação de métodos de controle de qualidade e melhorias na produtividade.

Os métodos de controle estatístico da qualidade empregam gráficos de controle da produção industrial, obtidos a partir da indicação dos limites de defeitos admitidos pelo controle de qualidade de cada empresa.

A utilização dos gráficos de controle tem fundamento estatístico em aplicações, na gestão de qualidade e produtividade. O pioneiro Shewardt (1925), disse há mais de meio século que: "A grande contribuição da estatística não se baseia no fato de encaminhar um grupo de estatísticos altamente qualificados para uma indústria, mas sim, de criar uma geração de físicos, químicos, engenheiros e outros profissionais com uma mentalidade estatística, os quais irão, de algum modo, dar uma ajuda no desenvolvimento e no direcionamento dos processos de produção do futuro".

A busca por transformações estruturais, mudanças revolucionárias que descentralizam a autoridade reduzem a hierarquia, estimulam parcerias e privilegiam a qualidade com foco nos clientes, visando elevar a competitividade nos novos mercados globais que se configuram, tem sido mais intensa em vários segmentos da sociedade. Empresas e organizações não-governamentais procuram se tornar mais flexíveis, inovadoras e empreendedoras para fazer frente aos desafios da modernidade (GAEBLER, 1994).

Do fortalecimento e melhoria da escola à construção e conquista de novas parcerias e à modernização e melhoria dos processos de gestão, inúmeras sugestões vem sendo apontadas como absolutamente necessárias para enfrentar os novos desafios de um mundo globalizado e competitivo, e provocar mudanças. Tomando como foco a melhoria da qualidade dos processos de gestão educacional é consenso que nenhuma transformação duradoura poderá ser obtida caso a questão gerencial não seja devidamente equacionada.

De acordo Campos (1992) a qualidade mostra características indicadoras da satisfação do cliente frente a produtos ou serviços. Está vinculada à "ausência de defeitos ou falhas" sendo que não se pode perder de vista que um produto ou serviço sem deficiências não significa necessariamente que satisfaça o cliente. Algum produto ou serviço concorrente pode apresentar um desempenho melhor, atraindo o cliente.

Qualidade também significa adequação ao uso. "Produto ou serviço de qualidade é aquele que atende perfeitamente, de forma confiável, de forma acessível, de forma segura e no tempo certo, as necessidades do cliente" (CAMPOS, 1992).

Segundo Crosby (1999), "Qualidade deve ser definida como cumprimento de requisitos". Mostra que é preciso um ponto de referência para julgar um produto. Desse modo o processo todo pode ser documentado, analisado por métodos estatísticos e os resultados transmitidos a outras pessoas.

Segundo Kurcrevski (2003), no momento da entrada de um novo milênio, quando se busca produtividade, a cerâmica vermelha, através de seus produtos, continua sendo usada como uma solução efetiva, versátil e econômica no segmento da construção civil.

O mercado consumidor de produtos da cerâmica vermelha é dividido em dois grandes segmentos. O primeiro segmento é representado por pessoas físicas que adquirem o produto através da intermediação de pequenas e médias casas comerciais revendedoras de material de construção existente nos mercados locais, que forma o maior mercado para os produtos das indústrias. O segundo segmento de mercado é formado essencialmente pelas empresas construtoras. Estas, além de adquirirem individualmente grandes volumes de produtos cerâmicos, o fazem com maior frequência, sem intermediação, diretamente com os fabricantes. As construtoras são mais exigentes quanto à qualidade dos produtos, principalmente quanto à resistência e padronização de medidas entre as peças dos lotes, bem como procura nas indústrias fornecedoras uma oferta de produtos gerenciados em tamanho e em tipo, exigindo, em muitos casos, a fabricação de peças especiais.

Diante desse panorama, torna-se imperativo o desenvolvimento da capacitação tecnológica das empresas integrantes do setor da cerâmica vermelha, no sentido de garantir a conquista e a manutenção de elevados padrões de qualidade.

Dentro das regras que regem o setor, torna-se imprescindível a observação das normas, ditada pela ABNT, pois essas empresas estão sujeitas à fiscalização do INMETRO.

Desta forma, as empresas cujos produtos não estão conforme os padrões estabelecidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) com relação às características absorção de umidade, resistência à compressão, dimensões e que estampam a procedência e especificações do produto aos usuários; estão mais do nunca, na mira do INMETRO, que intensifica a fiscalização, sujeitando as empresas a pesadas multas.

Esta medida visa principalmente combater a concorrência predatória, da conscientização dos usuários sobre a importância de comprar produtos dentro das normas estabelecidas.

Dentro deste contexto, conforme Werner (2006), a indústria cerâmica tem papel importante no contexto da construção civil brasileira, pois seus produtos são amplamente utilizados, principalmente na construção habitacional. Nesse sentido, se torna fundamental a busca pela qualificação setorial, algo que já vem sendo desenvolvido no âmbito do Programa Setorial da Qualidade de Blocos Cerâmicos (PSQ-BC). Nesta busca pela qualidade, a Indústria da Cerâmica deve encarar este momento como uma oportunidade de se engajar neste movimento que permeia todo o setor da Construção Civil Brasileira, visando cada vez mais expandir suas fronteiras de aplicação e comercialização. A construção civil exerce papel relevante no contexto da economia brasileira, mobilizando significativas somas de recursos financeiros e materiais, além de ser responsável por grande parte da mão-de-obra empregada.

Conforme Werner (2006), o PBQP-H foi concebido com o objetivo de melhorar a qualidade e a produtividade de toda a Indústria da Construção Civil Brasileira. Neste sentido, os projetos que integram o programa foram, e estão sendo desenvolvidos com a visão de integração da cadeia produtiva. Assim, embora as construtoras sejam um dos principais agentes de indução da qualificação do setor, se houvesse ações somente neste elo da cadeia não seria possível alcançar a desejada evolução global e sustentável. No que diz respeito aos materiais utilizados na Construção Civil, o PBQP-H se estrutura na forma de Programas Setoriais da Qualidade (PSQ), onde cada um dos PSQs corresponde a um material ou uma família de materiais. O objetivo principal destes Programas é elevar, de forma sustentável, os índices de conformidade com as normas técnicas dos materiais de construção da cesta básica fornecidos ao mercado. Atualmente são 25 integrantes do PBQP-H, correspondendo a aproximadamente 92% da cesta básica de materiais de construção, sendo que entre estes 25 está o PSQ de Blocos Cerâmicos.

Um dado importante e que também comprova o sucesso do PBQP-H, no que se refere aos materiais e ao Programa como um todo, é o fato de que antes da existência dos PSQs o Índice de Conformidade Setorial Médio girava em torno de 40% e hoje, considerando-se os mesmos materiais, este índice se aproxima muito dos 90% de conformidade média. Somente a exposição destes dados já caracteriza uma forte indicação de como está se comportando o setor produtivo no país. O Índice de Conformidade Setorial Médio refere-se ao cumprimento de parâmetros de conformidade estabelecido pelo programa setorial de qualidade para cada produto. Esta mesma tendência se reflete nos fabricantes de materiais que buscam, cada vez mais, a qualificação de seus produtos e o conseqüente aumento tanto da competitividade de sua empresa como do setor como um todo. A organização do setor Cerâmico em torno do Programa Setorial da Qualidade de Blocos Cerâmicos tem apresentando importantes resultados, principalmente no que se refere à adesão dos Sindicatos Estaduais e das empresas e a capacitação laboratorial, visando facilitar o acesso dos produtores a laboratórios qualificados.

Os principais desafios da construção civil brasileira, no que diz respeito à qualidade, são: melhorar a relação com clientes por meio de uma maior identificação do seu perfil e avaliação da satisfação do cliente para retro-alimentar o processo de construção de edificações.

No que diz respeito à área de projetos, certamente novas atribuições profissionais deverão ser demandadas, tais como: correção e prevenção de defeitos, recuperação de patrimônio histórico, regularização técnica de edificações e sítios urbanos, bem como a gestão

da operação e manutenção do ambiente construído; com isto alguns projetistas passarão a ser diretamente vinculados aos fabricantes de subsistemas. Já no que dizem respeito às construtoras, essas deverão assumir um papel de coordenação geral do processo, com forte tendência de sub-contratação que, em alguns casos, passará a incluir materiais e mão de obra. As micro e pequenas empresas fornecedoras de serviços sub-contratados desempenharão um papel técnico e econômico cada vez mais importante no setor. Outro desafio a ser enfrentado refere-se à mão-de-obra informal que progressivamente deve ser substituída pela montagem de componentes; ou seja, com recursos humanos melhor treinados, sendo necessário o desenvolvimento da sua capacidade de aprender. Quanto aos fabricantes deverá haver uma maior interação com o processo de construção, através da introdução de serviços associados, tais como projeto, serviço de entrega mecanizada e planejada, instalação e manutenção durante o uso.

A certificação é um dos caminhos imprescindíveis para recuperação de mercado dos blocos cerâmicos, disputado acirradamente com os blocos de concreto. A busca pela qualidade dos produtos desencadeia ações positivas dentro da empresa, resultando em menor custo de produção e maior competitividade. São apresentadas adiante as possíveis causas associadas aos defeitos e sugestões para evitá-las, pois muitos defeitos estão relacionados à qualidade da matéria-prima e ao controle de processo. Isto poderá auxiliar as olarias a identificar e solucionar alguns problemas, por meio de uma simples inspeção visual em amostras de cada lote produzido.

2.2.2- A Evolução da Qualidade

Garvin (2002) define quatro diferentes "eras da qualidade": da inspeção, do controle estatístico da qualidade, da garantia da qualidade e da administração estratégica da qualidade. Embora este autor tome por base a indústria norte-americana, os conceitos podem ser transpostos para outros países com alguma mudança nas datas de ocorrência.

A era da inspeção tem início simultaneamente à da produção em massa. Antes disso, nos séculos XVIII e XIX, predominava a produção artesanal, em que as peças de um determinado produto eram ajustadas manualmente umas às outras por artesãos qualificados, sendo a inspeção final de qualidade uma atividade informal e, na prática, descartável. Nesta época, a qualidade percebida pelos clientes era uma função dos atributos de desempenho, utilidade e durabilidade do produto e era atribuída aos artífices qualificados (GARVIN, 2002).

Com o início da produção em larga escala, o intercambiamento das peças na linha de montagem passou a ser considerado fundamental e, para tanto, tornou-se necessário o

desenvolvimento de uma série de gabaritos e acessórios baseados em um modelo-padrão das peças, que eram utilizados no alinhamento das ferramentas das máquinas de corte e na inspeção final. Na década de 1920, a inspeção da qualidade assumiu oficialmente o papel de uma função independente dentro da empresa. O trabalho do departamento de inspeção consistia em selecionar as técnicas de medição mais adequada, realizar verificações dimensionais com o uso de ferramentas específicas e decidir entre o uso de amostras aleatórias (sem nenhuma base estatística) e a inspeção de todas as unidades produzidas. As peças com defeito encontradas eram remetidas ao departamento de produção, que tratava de retrabalhá-las ou descartá-las para que não chegassem ao consumidor final (GARVIN, 2002; TEBOUL, 1991).

Com o passar do tempo, o constante aumento das quantidades e da complexidade dos produtos fabricados elevava os custos para obtenção de níveis razoáveis de qualidade. Na década de 1930, as empresas Bell Telephone e Western Electric criaram um grupo de trabalho com o objetivo de desenvolver e adaptar ferramentas estatísticas para uso no controle da qualidade.

Nesta época, seriam estabelecidos os fundamentos da era do controle estatístico da qualidade. A principal inovação foi a do reconhecimento da variabilidade como um atributo normal dos processos produtivos. A grande questão para os inspetores de qualidade passava a ser reconhecer o momento em que a variação do resultado do processo poderia ou não ser considerada natural (GARVIN, 2002).

Para suprir essa necessidade, foram definidos limites superiores e inferiores de controle para os mais diversos processos produtivos. Esses limites eram calculados como sendo a média natural do processo mais ou menos três desvios-padrão. Tanto a média como o desvio-padrão foi obtido por meio de um grande número de amostras de resultados do processo, caracterizando uma situação de funcionamento normal. Assim, amostras de peças dos processos controlados eram retiradas e inspecionadas com uma frequência predeterminada. Sempre que os resultados das medidas estivessem fora dos limites de controle, seria o indício de que algo de anormal estaria ocorrendo, justificando a interrupção do processo produtivo e a inspeção de todas as peças fabricadas. Com essas inovações, foi possível obter níveis de qualidade bastante elevados, à custa de um aumento dos custos de inspeção, que seria facilmente compensado pela redução de gastos com retrabalho sem nenhuma base estatística e a inspeção de todas as unidades produzidas. As peças com defeito encontradas eram remetidas ao departamento de produção, que tratava de retrabalhá-las ou descartá-las para que não chegassem ao consumidor final (DEMING, 1990).

As décadas de 1940 e 1950 foram marcadas pelo desenvolvimento do referencial teórico que daria origem à era da garantia da qualidade nos Estados Unidos. Foram desenvolvidas novas abordagens como: a dos custos da qualidade (Cost of Quality - COQ) e a da engenharia de confiabilidade, ambas de Joseph Juran; a do controle total da qualidade, de Armand Feigenbaum; e a do zero defeito, de Phillip Crosby (CROSBY, 1999).

Juntas, elas proviam uma série de ferramentas cujo objetivo era mostrar que os custos totais da qualidade poderiam ser reduzidos por meio de um acréscimo dos custos de prevenção. A possibilidade de quantificar os custos de prevenção e de defeitos, aliada à expansão da prevenção para as atividades de projeto de produto e processo, escolha de fornecedores e treinamento e motivação dos funcionários, caracterizaram esta "era" (GARVIN, 2002).

Embora os diversos autores da era da garantia da qualidade fossem norte-americanos e atuassem nos Estados Unidos, a utilização conjunta e efetiva das muitas ferramentas propostas aconteceu inicialmente no Japão. De forma geral, no final da década de 1970 e na primeira metade da década de 1980, os conceitos da era da garantia da qualidade eram vistos apenas em algumas empresas de ponta nos Estados Unidos, especialmente naquelas ligadas às indústrias aeroespacial e bélica (TEBOUL, 1991; GREEN, 1995).

Durante as décadas de 1950 e 1960, Deming e Juran eram ouvidos pelos principais dirigentes industriais japoneses, contando com grande incentivo por parte da Japanese Union of Scientists and Engineers (JUSE), por meio do seu presidente Kaoru Ishikawa. Nos Estados Unidos, seu público continuava sendo de chefes de departamentos de controle de qualidade. Em 1951, era instituído no Japão o Prêmio Deming, com o objetivo de premiar as empresas que mais se destacassem na aplicação das idéias de Deming e, em seguida, de Juran. O comprometimento e a participação da alta gerência foram essenciais para que nos anos seguintes a formação em qualidade passasse aos operários, após um foco inicial na capacitação de fornecedores. O controle estatístico de processos e as outras ferramentas da qualidade propostas por Deming, Juran e Ishikawa acabaram sendo empregados de forma rotineira pelos próprios operários das indústrias japonesas, consolidando a idéia do controle total da qualidade (TEBOUL, 1991; GREEN, 1995).

De forma geral, embora tenha havido uma mudança contínua na forma pela qual se busca aumentar a qualidade nas empresas, a definição implícita do termo "qualidade" para as empresas pouco se modificou ao longo dessas três "eras". A conformidade do produto com as especificações de projeto permaneceu como a definição mais utilizada na prática, apesar de na teoria tivesse havido grandes avanços.

Em meados da década de 1970, Juran e Gryna (1980) definiam a qualidade como uma medida da adequação ao uso. Assim, um produto, para ter qualidade, deveria ter um bom projeto, ser produzido em conformidade com esse projeto, ser seguro para a empresa e o cliente, ter alta confiabilidade em uso (poucas falhas) e rápido reparo em caso de quebra.

Para Deming (1990), a qualidade seria representada pela melhoria contínua de produtos e processos, visando à satisfação dos clientes. Considera que as especificações de qualidade devem ser alteradas constantemente e que é preciso utilizar os instrumentos de controlo estatístico de qualidade, em vez da mera inspeção de produtos.

Crosby (1993), por sua vez, definia qualidade como a conformidade com os requerimentos de projeto. Entretanto, com o passar do tempo, esse autor alterou uma palavra em sua definição que mudou completamente o seu significado, passando a definir a qualidade como a conformidade com os requerimentos dos clientes (CROSBY, 1999).

O ponto em comum entre todas essas definições é a necessidade de ir além da simples conformidade com o projeto para se ter um produto de qualidade.

Além disso, uma das características principais da era da administração estratégica da qualidade é sua relação com a consecução dos objetivos estratégicos da empresa. Uma empresa para ter um produto de qualidade precisa projetar conforme as necessidades de seus clientes-alvo, produzir de acordo com este projeto (o que dependerá, de forma crítica, da qualidade dos insumos utilizados, ou seja, máquinas, peças adquiridas de terceiros e funcionários operacionais) e oferecer um serviço de pós-venda que garanta reparo durante sua vida útil. Portanto, qualidade não exige apenas um bom desempenho da função produção da empresa, e sim de todas as suas funções principais, isto é, produção, marketing e desenvolvimento de produtos, suportadas pelas funções de apoio (SLACK, CHAMBERS e JHONSTON, 2002; GARVIN, 2002).

De forma geral, quando as empresas ocidentais começaram a praticar os fundamentos da era da garantia da qualidade, as empresas japonesas já iniciavam sua trajetória na era da gestão estratégica da qualidade (TÉBOUL, 1991).

2.2.3- Sistemas de qualidade

O investimento em qualidade tornou-se fundamental nos últimos tempos principalmente pela necessidade de reduzir custos e atender as exigências do mercado. Estes fatos estão levando as empresas a estudar e implantar sistemas de qualidade. Destacam-se entre eles o Sistema Toyota de Produção e o Sistema Just-in-Time, analisados a seguir.

2.2.3.1- O Sistema Toyota de Produção (STP)

O Sistema Toyota de produção originou-se antes da ocupação americana quando a estrutura industrial do Japão era fortemente influenciada por conglomerados de empresas, de propriedade familiar, constituídas por uma empresa central em geral um banco e de vinte a trinta organizações periféricas. Após a guerra, a dissolução desses conglomerados resultou em democratização do capital. Durante o pós-guerra, em função do avanço comunista no extremo oriente, foi de interesse das potências ocidentais restabelecerem o Japão como potência industrial. Sob a tutela americana, representada pelo General McArthur, serviria como baluarte capitalista caracterizando uma base avançada no extremo oriente.

Coriat (1994), considera que o sistema toyota constitui um conjunto de inovações organizacionais cuja importância é comparável com as inovações trazidas pelo taylorismo e pelo fordismo. Rejeita ser a competitividade japonesa baseada na adoção de técnicas organizacionais isoladas, como as visões culturalistas, que negam ser transferível o novo padrão industrial lá desenvolvido, por ser inerente àquela determinada tradição.

Dentro desta reconstrução, técnicas controle estatístico de processos desenvolvidas nos EUA foram transportadas ao Japão, principalmente através de W.E. Deming, estatístico americano, e de Juran e Feigenbaum. Um seminário de oito dias em 1950 foi apresentado por Deming, focando o problema da variabilidade e separando as causas em especiais e comuns. A abordagem de Deming para a solução de problemas a do ciclo PDCA (Plan do check action). Apoiada em ferramentas estatísticas de uso corriqueiro, originou o sistema conhecido por CWQC ou TQC (Controle da Qualidade Total), baseado em elementos de várias fontes, como o cartesianismo, o taylorismo e o controle estatístico do processo (ISHIKAWA,1993).

A JUSE (União Japonesa para a Ciência e Engenharia) desempenhou importante papel na divulgação e consolidação do TQC. Seus esforços em treinar operadores resultaram nas atividades de grupos (CCQ's). Outros elementos introduzidos pelo TQC são idéias contínuas, da orientação pelo cliente e da necessidade de incorporar inovadores produtos e serviços, oferecendo valor adicional e indo além do simples atendimento das necessidades do cliente (CAMPOS,1999).

Um dos criadores do STP, o engenheiro japonês Shigeo Shingo observou que os métodos americanos de Controle Estatístico da Qualidade, apesar de baseados em técnicas racionais, não eram suficientes para obter produção isenta de defeitos. Propõe então o CQZD (Controle de Qualidade Zero Defeito), baseado nos pontos:

1º) inspeção na fonte, aplicando a função controle na origem do defeito;

2º) inspeção de 100% na produção, através de sensores de identificação de falhas, e não por amostragem;

3º) redução do tempo entre a detecção da falha e a ação corretiva;

4º) reconhecimento de possíveis erros de trabalhadores.

O CQZD é um dos aspectos de um sistema de gerenciamento de mais amplo, proposto por Taichi Ohno e Shingo: o Sistema Toyota de Produção. Conforme Ohno(1997) , em viagem aos EUA, os supermercados americanos repunham os estoques de produtos nas prateleiras na exata medida de seus consumos. Esta idéia, transposta para a fábrica, permitiu uma operação nivelada entre os operativos, onde o posto precedente repõe apenas as peças certas, na quantidade e no momento em que o posto sucessivo as consumiu, prevenindo a formação de estoques entre processos.

O Sistema Toyota de Produção foi estruturado ao longo de vinte anos incorporando conceitos oriundos da genialidade de seus criadores, tais como:

- e) Abordagem sistemática “5W 2H”, proporciona a definição objetiva e clara de todos os itens que compõe um planejamento determinando a causa fundamental dos problemas através da resposta às perguntas: *What*, o quê ; *Who*, quem; *When*, quando; *Where*, Onde; *Why*, por quê; *How*, Como; *How much*, quanto custa. Tem-se um quadro completo de cada atividade , com os dados necessários para implementar um projeto.
- f) A automação (Jidoka), que dá autonomia à máquina para parar a linha em caso de produção defeituosa, ligada à separação entre homem e máquina, obtida pela multifuncionalidade de operadores e operação via layout celular;
- g) O Just-in-Time, apoiado no kanban, que reduz os estoques intermediários, fornecendo os materiais no local, na hora, na qualidade e na quantidade necessária;
- h) As sete perdas descritas por Shingo, com base no princípio da completa eliminação de perdas, de Ohno, originado no desafio lançado por Kiichiro Toyota, de alcançar a competitividade industrial da América em três anos.

O STP persegue a completa eliminação das perdas, vinculado ao objetivo da ação de custo, fundamental à sobrevivência da organização. O STP busca minimizar o trabalho que agrega valor, ou seja, aquele que transforma o material ou uma montagem, e reduzir progressivamente o trabalho que não agrega valor, de toda forma de perda. Para que se focalize o combate aos desperdícios na organização, o STP classifica sete tipos de perdas:

1º) perda por superprodução;

2º) perda por transporte;

- 3°) perda por processamento;
- 4°) perda por produção de não-qualidade;
- 5°) perda por movimentações econômicas;
- 6°) perda por espera;
- 7°) perda por estoque.

A perda por superprodução se dá quando se tem produção excessiva ou produção antes da hora, sendo a perda mais perseguida na Toyota. Ohno considera que a perda por superprodução é a pior das perdas, pois esconde e evita que sejam combatidas as ineficiências por toda a empresa, surgindo os efeitos danosos originados do excesso de estoques.

De acordo com Shingo (1996), a partir dos anos 70 o desenvolvimento industrial japonês surpreendeu o ocidente principalmente nos aspectos de gerenciamento da qualidade, emprego da automação e técnicas de marketing reverso, ou seja, partindo-se do foco do cliente, chega-se à organização, passando pelo desenvolvimento de novos produtos, novas aplicações para os produtos existentes, novas embalagens. Ocorreu um substancial aumento no padrão de vida do Japão e a perda da posição de muitas indústrias ocidentais.

2.2.3.2- O Paradigma Just-in-Time (JIT)

O JIT é uma técnica de gestão que tem por finalidade fazer com que cada processo seja suprido com os itens certos, no momento certo, na quantidade certa e no local certo, eliminando toda e qualquer perda (GHINATO, 1996).

Conforme Sellito (2001), entende-se melhor o real significado do Just-in-Time comparando-o com seu antecessor: o Just-in-Case (JIC). A gestão de um negócio pela ótica do JIC conduz a que se produza segundo a máxima capacidade de produção dos recursos, antecipando a demanda futura sob a forma de estoques sem a preocupação com a variabilidade.

O JIT gerencia para obter o nivelamento da produção e age para diminuir as variabilidades no processo. Atribuem pequenos estoques de material em processo na frente de cada centro produtivo, para proteger o sistema das incertezas e flutuações estatísticas dos processos de manufatura. Atingindo-se este estoque, o processo precedente é interrompido.

Ao considerar-se toda a cadeia produtiva, o JIT mantém uma quantidade de estoques intermediários bastante inferiores ao JIC. Através de ferramentas e técnicas de solução de problemas, busca a melhoria contínua de seus processos e procedimentos através da eliminação de todo desperdício.

2.2.4- Gestão da qualidade

De acordo com Feigenbaum (1994) a qualidade é em essência uma forma de gerenciar a organização. A sigla TQC – Total Quality Control, está consagrada no Brasil como representação do modelo praticado no Japão o qual tem por base a participação de todos os setores da empresa e de todos os empregados no estudo e implantação do programa de qualidade (CAMPOS, 1992)

A gestão da qualidade inclui: planejamento estratégico, alocação de recursos e atividades. Faz parte da função gerencial global que determina e implementa a política da qualidade e sistemáticas para a qualidade, tais como: planejamento da qualidade, manutenção da qualidade e melhoria da qualidade (JURAN, 1992).

O controle da qualidade, passou a ter maior abrangência, além de centralizado nos produtos, passou a dar importância à qualidade do trabalho executado e à qualidade do gerenciamento.

O TQC é uma prática de gerenciamento científico centralizado na qualidade, com o objetivo de assegurar a satisfação dos clientes. (UMEDA, 1995)

O TQC é aplicado seguindo três linhas básicas de gerenciamento a saber: o Gerenciamento da Rotina, o Gerenciamento do Crescimento do Ser Humano e o Gerenciamento pelas Diretrizes.

Segundo Umeda (1995), o gerenciamento da rotina são as atividades desenvolvidas pelos chefes de equipes para o atendimento das responsabilidades atribuídas, é verificação da situação dos trabalhos executados no dia-a-dia, tomando as medidas necessárias para manter os resultados no nível desejado atingindo as metas estabelecidas. O gerente terá condições de controlar os resultados dos processos sob sua responsabilidade. Para isso deverão ser montados itens de controle e de verificação sobre as etapas de cada processo.

Itens de controle (IC) de um processo são índices numéricos estabelecidos sobre os efeitos de um processo (ou seja, o produto) para medir a sua Qualidade Total.

Os IC medem o resultado do processo, eles atuam sobre as atividades que o gerente e sua equipe podem controlar. Não se podem estabelecer itens de controle sobre atividades e processos sobre os quais gerente não tenha capacidade de alterar e corrigir.

Os itens de controle devem ser definidos de forma a que se possam medir as cinco dimensões da qualidade total, ou seja:

1. Qualidade - refere-se à qualidade intrínseca do produto ou serviço; ausência de defeitos e presença de características que atendem as expectativas do cliente.

2. Custo - custo final do bem ou serviço, incluindo os custos intermediários de produção;

3. Entrega ou atendimento - são medidas as condições de entrega e atendimento dos bens ou serviços: cortesia, presteza no atendimento, prazos, entrega na quantidade certa e no local certo;

4. Segurança - refere-se à segurança dos empregados e dos usuários do produto.

5. Moral - esta é a dimensão que mede o nível médio de satisfação de um grupo de pessoas que pode ser o grupo de todos os empregados da empresa ou os empregados de um departamento ou seção.

Umeda (1995) considera que a dimensão custo representa o conjunto de valores que a organização retira da sociedade (materiais, energia, informação) e aos quais agrega valor para esta mesma sociedade. O custo final além destes fatores contempla as despesas decorrentes da qualidade do produto considerando:

I) Custos da não qualidade:

São os custos não visíveis e dificilmente quantificáveis como perdas com a paragem de máquinas, atrasos, quebras de estoques, defeitos, horas extra e outras ineficiências.

II) Custos da qualidade:

Parte dos aspectos econômicos da qualidade, considerando-se os gastos incorridos para assegurar e garantir a qualidade.

III) Custos relativos à qualidade:

Custos decorrentes das perdas, quando a qualidade não é obtida.

Segundo Ambrozewicz (2003), as técnicas operacionais e atividades utilizadas para atender aos requisitos da qualidade resumem-se em cinco etapas fundamentais:

I) controle final do produto (inspeção);

Caracteriza a primeira forma de inspeção adotada na empresa. Baseia-se em inspeção visual consiste em separar as peças ruins das boas. Não ataca os problemas, apenas elimina o efeito.

II) controle estatístico do processo (segurança e zero defeito);

Iniciou na década de 30, tem como base o acompanhamento e avaliação diária da produção baseada em um padrão de qualidade. Começa-se a atacar as causas dos problemas.

III) Garantia da qualidade (normas e procedimentos formais);

Representada pela preocupação com as causas fez com que envolvesse mais de um ou dois departamentos. Todos os departamentos começam a trabalhar em cima dos custos da

não-qualidade. Nasce os conceitos da confiabilidade, controle total da qualidade e zero defeito. Começam-se também a fazer as Políticas da Qualidade.

IV) Qualidade total (satisfação do cliente)

Antes a preocupação básica era o controle da qualidade, agora a qualidade passa a ser uma arma de concorrência. Todos os funcionários da empresa começam a participar como responsáveis pela qualidade, acompanhados pela alta gerência.

V) Controle final do produto

Os clientes e fornecedores trabalham juntos em busca de resultados que satisfaçam as necessidades de todos.

Conforme Ambrozewicz (2003), as personalidades reconhecidas mundialmente pelos seus trabalhos de desenvolvimento de teorias métodos e técnicas em qualidade especialmente nos Estados Unidos e Japão pessoas pode-se citar nomes como Willian E. Conway, Philip B. Crosby, Deming, Armand Feigebaum, Kaoru Ishikawa, Joseph M. Juran, Wilian A. Sheawart e Genechi Taguchi.

No Brasil são citados como mestres da qualidade Vicente Falconi de Campos e Edson Pacheco Paladini (AMBROZEWICZ,2003).

2.2.5- Técnicas de controle da qualidade

De acordo com Bartmann (1986) não há processo de produção perfeito. Bens (ou serviços) são produzidos por processos que, em geral, estão sujeitos em vários estágios a considerável variabilidade. A presença dessa variabilidade torna necessário o uso de métodos estatísticos no aperfeiçoamento do processo produtivo, que são úteis na identificação e eliminação dos fatores que limitam o processo em questão. A simples medida da qualidade não levará nunca à melhoria na produtividade.

Para Montgomery (2001), as técnicas de planejamento e análise de experimentos são utilizadas para melhorar as características de qualidade dos produtos e processos de fabricação, reduzir o número de testes e otimizar o uso de recursos da empresa (material, tempo dos funcionários, disponibilidade de equipamentos, etc.).

Uma investigação imediata deve ser realizada, para verificar se a presença de variabilidade deve-se realmente a causas especiais de variação. Em caso positivo, algo precisa ser feito para retornar o processo à condição desejada (Juran,1992).

O importante é inspecionar e aperfeiçoar o processo de produção, com a utilização de ferramentas estatísticas adequadas para esta finalidade.

As possibilidades que o uso de métodos estatísticos traz no estudo de processos industriais são muito grandes. No Japão, métodos estatísticos de Controle de qualidade são hoje usados em todos os setores da indústria.

Considerando os objetivos dos 14 pontos de Deming, segundo Bartmam (1986), é crucial promover o contínuo aperfeiçoamento do processo produtivo da empresa. Só assim a companhia evitará a falência e continuará operando daqui a 20 ou 30 anos.

De acordo com Feigenbaum (1994), ao longo dos anos, as técnicas e metodologias estatísticas tornaram-se cada vez mais amplamente utilizadas e aceitas por toda a indústria desempenhando papel fundamental nos programas modernos de Controle de Qualidade Total (CQT).

As principais ferramentas do Controle de Qualidade são: diagrama de Pareto, diagrama de causa e efeito, histograma, lista de verificação, gráficos de dispersão, gráfico de controle.

2.2.5.1- Diagrama de Pareto

O Diagrama de Pareto é um gráfico de barras que ordena as frequências das ocorrências de defeitos, da maior para a menor, permitindo a priorização dos problemas. Mostra ainda a curva de percentagens acumuladas destas ocorrências. Sua maior utilidade é a de permitir uma fácil visualização e identificação das causas ou problemas mais importantes, possibilitando a concentração de esforços sobre os mesmos, conforme Gráfico 1 e Gráfico 2.

Antes do aperfeiçoamento		Depois do Aperfeiçoamento	
Origem do defeito	Número de defeituosos	Origem do defeito	Número de defeituosos
Rotação imprópria	44	Ruído	12
Ruído	14	Rotação imprópria	8
Falhas	10	Pressão	6
Pressão	8	Falhas	4
Sobra	5	Calafetar o eixo	2
Falha completa	2	Falha completa	1
Outras	3	Outras	4

Tabela 8 – Melhoramento do processo

FONTE: CHAVES NETO (2003)

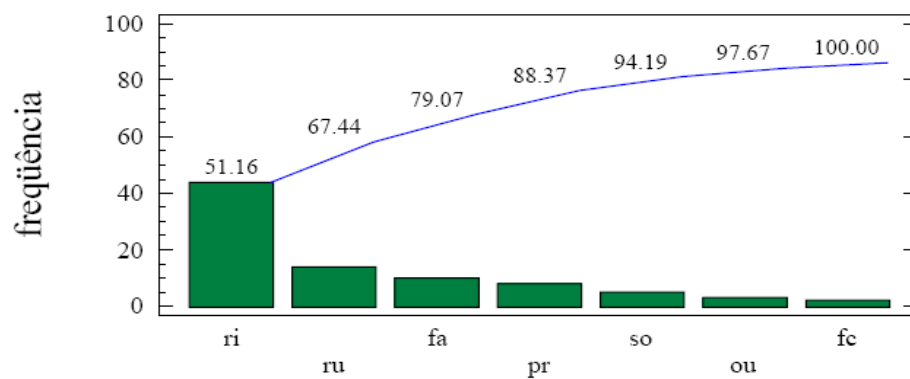


Gráfico 1 - Diagrama de Pareto-Antes do aperfeiçoamento

FONTE: CHAVES NETO (2003)

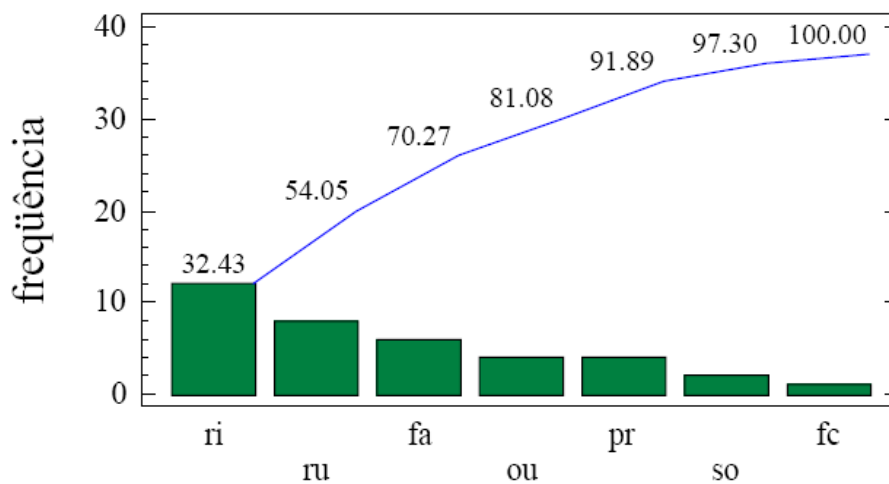


Gráfico 2 -Diagrama de Pareto- Depois do aperfeiçoamento

FONTE: CHAVES NETO (2003)

Problemas relativos à qualidade aparecem sob a forma de perdas (itens defeituosos e seus custos). É extremamente importante esclarecer o modo de distribuição destas perdas. O Gráfico de Pareto surge exatamente como ferramenta ideal para identificar quais tipos de defeitos são responsáveis pela maior parcela das perdas onde quase sempre são poucas as “vitais” e muitas as “triviais”. Então se os recursos forem concentrados na identificação das perdas “vitais”, e estas puderem ser identificadas, torna-se possível a eliminação de quase todas as perdas, deixando as “triviais” para solução posterior.

Um defeito pouco freqüente pode ter efeitos financeiros consideráveis, e, portanto merece atenção prioritária, “poucos essenciais e muitos triviais” (REIS, 2001).

2.2.5.2- Diagrama de Ishikawa (Espinha-de-peixe)

Consiste em uma técnica para análise das causas profundas, na transição entre a descrição do problema e a formulação de soluções. É usada para auxiliar a identificação e a

justificativa das causas, e melhorias de determinados processos, de modo a analogamente incorporá-las em processos similares.

A utilização deste diagrama não diz respeito apenas à investigação das causas de defeitos e falhas, de modo a evitar sua reincidência, mas é mais utilizado com este motivo. Ao serem listadas diversas causas raiz, ou causas profundas, é necessário identificar aquelas de maior impacto sobre a eficiência e eficácia do todo. Estas causas restringem e obstruem o sistema e o processo de trabalho. Assim, a resolução de restrições de menos impacto não ajudará caso estas causas não sejam resolvidas, e o todo continuará comprometido.

A visão do todo direcionada ao processo, ou à gestão por processos, possibilita aos interessados e tomadores de decisão que cheguem a uma conclusão baseada em dados específicos, e tomem consciência de que é preciso buscar mais explicações além daquelas que os olhos podem ver, ou daquelas que são de difícil ou de impossível resolução. Ao se deparar com um problema, a tendência é que se coloque a culpa na falta de recursos, ou na má gerência e administração. A realidade mostra que existem outras causas sobre as quais tem-se menos controle e conhecimento, como por exemplo expectativas não transparentes, avaliações pouco frequentes do desempenho, e outras coisas. A prática diz que não se conhece o que não se pode medir.

A conclusão equivocada de que há falta de recursos, pode na realidade ser originada de uma má alocação de fundos, com mal planejamento ou má coordenação. Sua confecção pode parecer apenas burocracia, mas seus efeitos na melhoria dos processos são surpreendentes. É importante se repensar as variáveis envolvidas em um processo. Por isso, para que possamos resolver os problemas, primeiramente precisa-se identificar as suas causas.

Um diagrama de causa e efeito também é chamado de “diagrama de espinha de peixe” porque ele se parece com o esqueleto de um peixe, conforme mostrado nas Figura 9 e Figura 10.

Este diagrama possibilita que se aprofunde a análise, e que se tenha uma visão macroscópica, de diversos fatores envolvidos no processo, facilitando a visualização das causas dos problemas, definindo aspectos como: mão-de-obra (pessoas), materiais (componentes), máquinas (equipamentos), métodos de trabalho, meio ambiente, meio de comunicação e medição, que geram efeitos que interferem na qualidade do produto ou serviço.

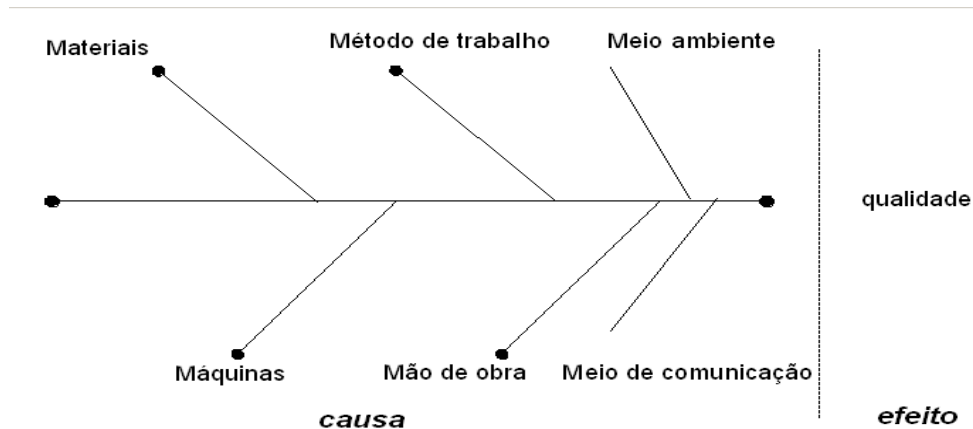


Figura 9 - Estrutura do Diagrama de Causa e Efeito

FONTE: CHAVES NETO (2003)

Na figura 10 tem-se um diagrama que mostra detalhadamente prováveis causas que interferem na variabilidade de um produto “X”.

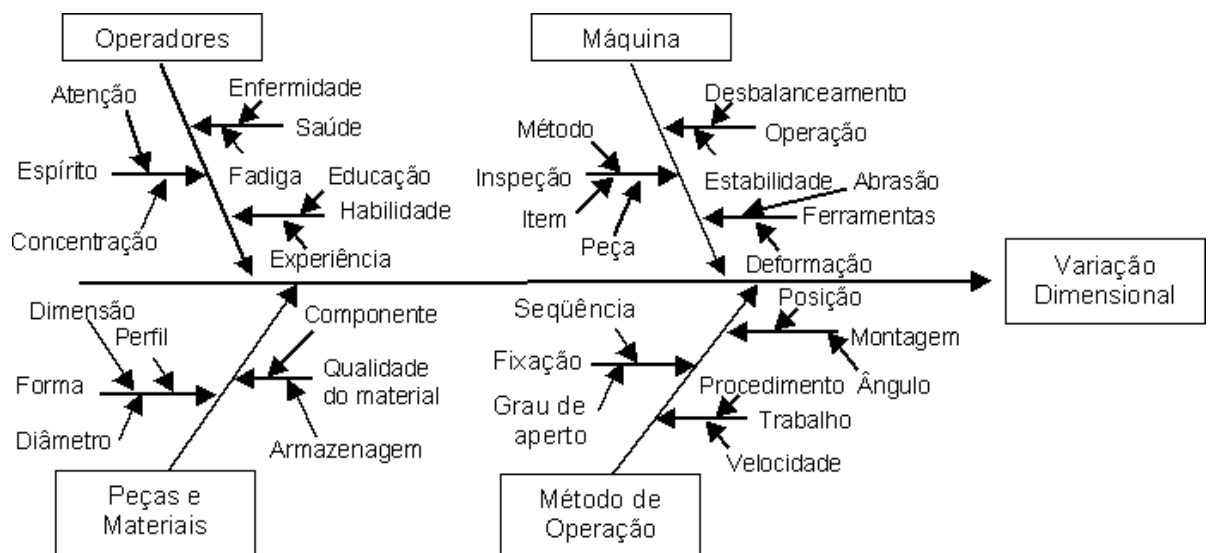


Figura 10– Diagrama de Causa e Efeito do Produto X.

FONTE: DATALYZER (2006)

2.2.5.3- Histograma

O histograma é uma forma de descrição gráfica dos dados por meio de barras verticais, as quais representam dados quantitativos agrupados em classes de frequência conforme o gráfico 3.

Os dados de uma amostra servem como base para uma decisão sobre a população avaliada. Quanto maior o tamanho da amostra, mais informação tem-se sobre a população.

Organizando-se muitos dados em um histograma, pode-se formar uma idéia a população de uma maneira objetiva.

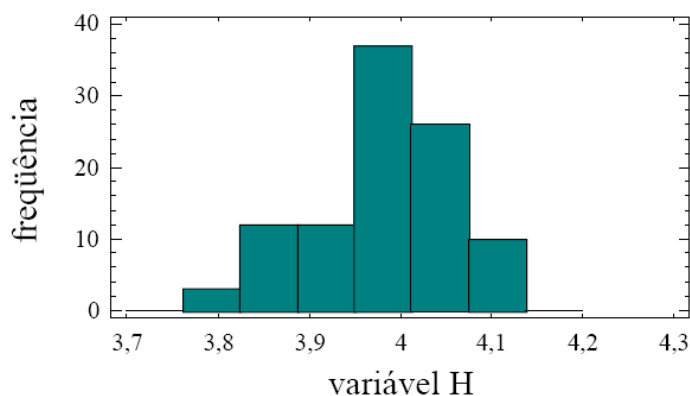


Gráfico 3 - Histograma da variável H

FONTE: BARTMANN (1986)

É possível obter informações úteis sobre o estado da população através da análise do perfil do histograma. Os perfis seguintes são típicos, e podem ser utilizados como modelos para análise de um processo.

I) Tipo geral (simétrico ou em forma de sino) – O valor médio do histograma está no meio da faixa dos dados. A frequência é mais alta no meio e torna-se gradualmente mais baixa na direção dos extremos. O perfil é simétrico. É o formato encontrado com mais frequência.

II) Tipo Pente (multi-modal) – As classes possuem frequências altas e baixas alternadamente. Este perfil ocorre quando a quantidade de dados incluídos na classe varia de classe para classe, ou quando existe uma tendência particular no modo como os dados são arredondados.

III) Tipo assimétrico positivo (assimétrico negativo) – O valor médio do histograma fica localizado à esquerda (direita) do centro da faixa da variação. A frequência decresce um tanto abruptamente em direção à esquerda (direita), porém de forma suave à direita (esquerda). Isto ocorre quando o limite inferior (superior) é controlado, ou teoricamente, ou por um valor de especificação, ou quando valores mais baixos (mais altos) do que um certo valor não ocorrem.

IV) Tipo declive à direita (declive à esquerda) – O valor médio do histograma fica localizado à esquerda (direita) do centro da faixa da variação. A frequência decresce um tanto abruptamente na esquerda (direita), e lentamente em direção à direita (esquerda). Isto ocorre com frequência quando uma triagem de 100% tiver sido feita por causa da baixa capacidade do processo, e também quando a assimetria positiva (negativa) se tornar ainda mais extrema.

V) Tipo platô – A frequência em cada classe forma um platô porque as classes possuem mais ou menos a mesma frequência exceto aquelas das extremidades. Este formato ocorre quando há mistura de várias distribuições que têm diferentes médias.

VI) Tipo picos duplos (bimodal) – A frequência é baixa próximo ao meio da faixa de dados e existe um pico em um e outro lados. Este formato ocorre quando duas distribuições com médias muito diferentes são misturadas.

VII) Tipo pico isolado – Existe um pequeno pico isolado em adição a um histograma do tipo geral. Este é um perfil que ocorre quando há uma pequena inclusão de dados de uma distribuição diferente, como no caso de anormalidade do processo, erro de medição, ou inclusão de dados de um processo diferente.

2.2.5.4- Lista de verificação

A lista ou folha de verificação é uma planilha ou formulário para o registro de dados, sendo este um formulário de papel no qual os itens a serem verificados já estão impressos ou definidos, de modo que os dados possam ser coletados de forma fácil e concisa, tendo como finalidade facilitar a coleta de dados e organizá-los. Permite uma rápida percepção da realidade e uma imediata interpretação da situação, ajudando a diminuir erros e confusões.

A coleta e o registro dos dados parecem ser fáceis, mas na realidade não são. Usualmente, quanto mais pessoas processam dados, maior a possibilidade do aparecimento de erros de escrita. Por esta razão, a folha de verificação torna-se uma poderosa ferramenta de registro pelo fato dos dados serem imediatamente organizados sem a necessidade de rearranjo manual posterior. Para que os dados sejam confiáveis, toda lista de verificação deve ter espaço onde registrar o local, a data da coleta e o nome do responsável pelo trabalho. O layout da planilha depende do uso que se fará dela e qualquer que seja o propósito da coleta de dados é essencial que a forma de registro seja planejada para que sua utilização seja fácil e imediata.

As listas de verificação são ferramentas que questionam o processo e são relevantes para alcançar a qualidade, atendendo a diversos propósitos como:

Visa identificar se existe uma tendência de variação conjunta (correlação) entre duas ou mais variáveis. Um exemplo de diagrama de dispersão pode ser observado no gráfico 4. Tornar os dados fáceis de se obter e de se utilizar;

- Dispor os dados de uma forma mais organizada;
- Verificar o tipo de defeito e sua porcentagem;
- Verificar a localização do defeito: local e forma de ocorrência dos defeitos;

- Verificar as causas dos defeitos.

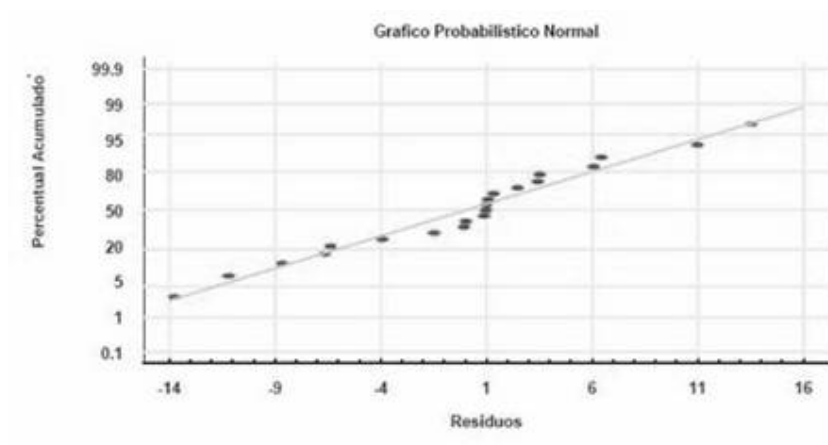


Gráfico 4- Exemplo gráfico de dispersão

FONTE: CHAVES NETO (2003)

Na prática do dia-a-dia é, muitas vezes, essencial estudar-se a relação entre duas variáveis correspondentes, como por exemplo, em que grau as dimensões de uma peça usinada variam com a mudança de velocidade de um torno? Ou, supondo-se que se quer controlar a concentração de uma solução e é preferível substituir a medição da concentração pela da densidade relativa porque ela é facilmente medida na prática. Para estudar a relação de duas variáveis tais como a velocidade do torno e dimensões de uma peça, ou concentração e densidade relativa, pode-se usar o chamado “diagrama de dispersão”.

Pode-se conhecer diretamente o perfil da distribuição dos pares de dados a partir de sua leitura do seu gráfico. Para isso, a primeira coisa que se deve fazer é examinar se há ou não pontos anômalos no diagrama.

Pode-se presumir que, em geral, quaisquer destes pontos distantes do grupo principal são resultados de erro de medição ou de registro de dados ou foram causados por alguma mudança nas condições de operação. É necessário excluir estes pontos para a análise de correlação. Contudo, ao invés de desprezar estes pontos por completo, deve-se prestar a devida atenção às causas de tais irregularidades, pois muitas vezes obtêm-se informações inesperadas, porém úteis, descobrindo-se por que eles ocorrem.

Existem muitos tipos de padrões de dispersão que são chamados de correlações. Alguns tipos de gráficos representativos são dados nos Gráfico 4, Gráfico 5 e Gráfico 6.

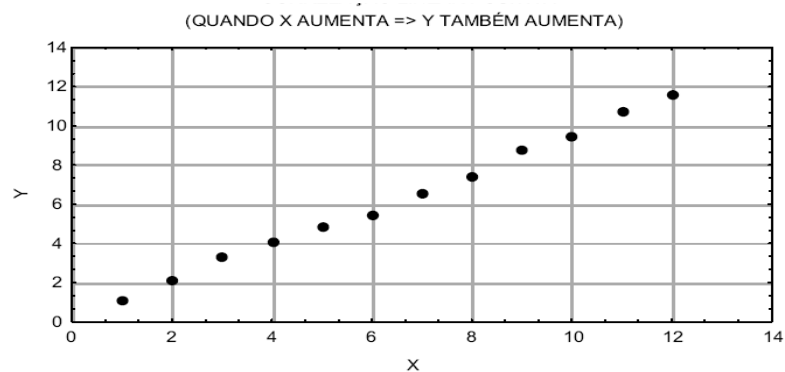


Gráfico 5- Exemplo de Correlação linear positiva

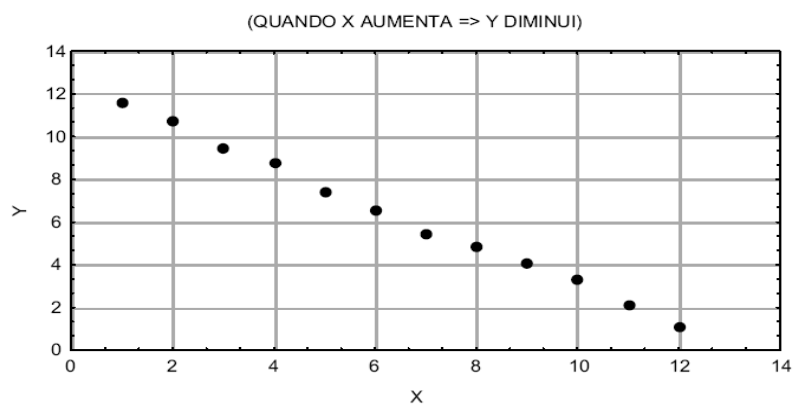
FONTE: RAMOS (2000)

Gráfico 6- Exemplo de Correlação linear negativa

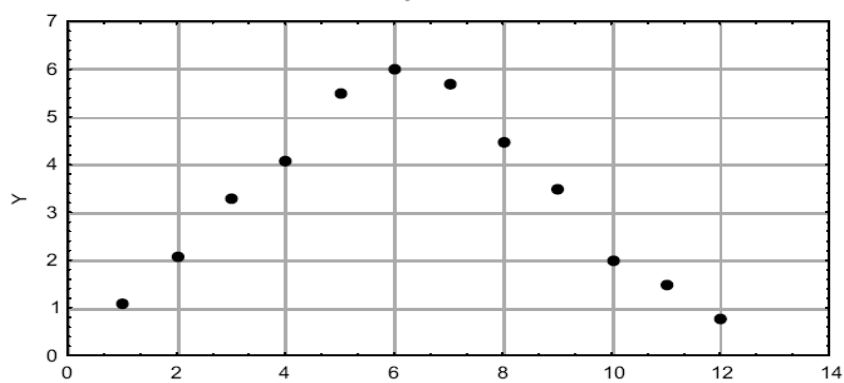
FONTE: RAMOS (2000)

Gráfico 7 Exemplo de Correlação não linear

FONTE: RAMOS (2000)

2.2.5.5- Carta de controle

O uso dessa ferramenta na melhoria do processo é um procedimento iterativo, em que as fases de coleta, controle e análise são repetidos. Primeiro, os dados são coletados de acordo com um plano e baseado nesses dados são calculados os limites de controle que são a base da interpretação estatística. Para implementar melhorias no controle e na capacidade, causas comuns e especiais devem ser identificadas e o processo deve ser alterado para eliminá-las, quando possível. O ciclo, então, se reinicia, visto que mais dados serão coletados, interpretados e usados como base para a ação. Uma carta de controle é composta por:

- um gráfico cartesiano, onde o eixo horizontal representa a amostra e, o vertical, o valor da característica;
- um conjunto de valores (pontos) unidos por segmentos de reta;
- três linhas horizontais: limite inferior de controle, limite superior de controle e linha central;

As fases para elaboração e aplicação de uma carta de controle são:

I) Coleta: dados para a característica (processo ou produto) em estudo são reunidos e convertidos para uma maneira em que possam ser marcados numa carta de controle. Esses dados poderiam ser, por exemplo, valores de dimensão de uma peça, número de falhas em um produto, horários, variáveis físicas (temperatura, pressão, etc.).

II) Controle: os limites preliminares de controle são calculados baseados nos dados. Eles são desenhados na carta como um guia para análise. Limites de controle não são limites de especificação ou objetivos, mas estão baseados na variabilidade natural do processo e no plano de amostragem.

III) Análise e Melhoria: depois que todas as causas especiais tenham sido corrigidas e o processo esteja operando em controle, a carta continua como uma ferramenta de monitoração. A capacidade do processo pode ser calculada, também. Se a variação decorrente de causas comuns é excessiva, o processo pode não ser capaz de produzir resultados que estejam consistentemente em conformidade com os requisitos do cliente. Nesse caso, ações gerenciais podem ser necessárias para a melhoria do sistema.

Usadas adequadamente, as cartas de controle podem se beneficiar para:

Servir aos operadores para o controle contínuo do processo;

Ajustar o processo para que produza de forma consistente, previsível, com qualidade e custo adequados;

Obter do processo, resultados com:

- melhor qualidade;
- menor custo por unidade;
- maior capacidade instalada;

Fornecer uma linguagem comum para a análise do desempenho do processo, separando causas especiais de variação das comuns, como um guia para ações locais sobre o sistema.

Existem dois tipos de carta de controle

I) Variáveis: Média (\bar{X}) e Amplitude (R), Desvio padrão(s) e Variância(s^2)

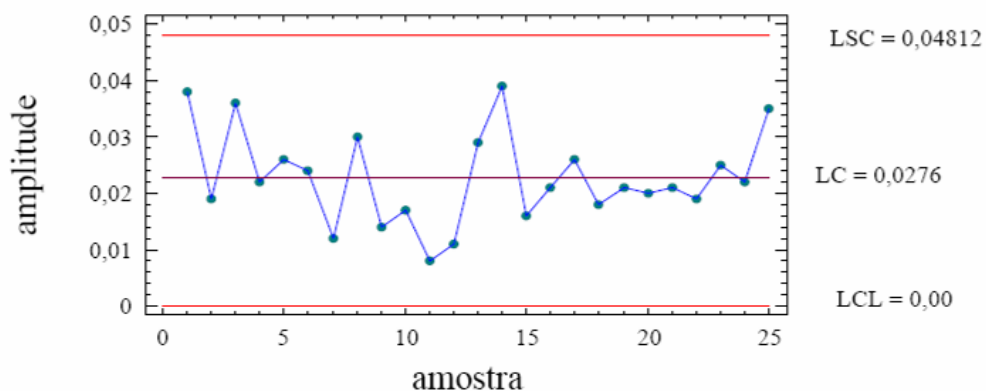


Gráfico 8- Carta de Controle Amplitude-Diâmetro do anel do Pistão

FONTE: CHAVES NETO (2003)

II) Atributos: P, Np, C, U.

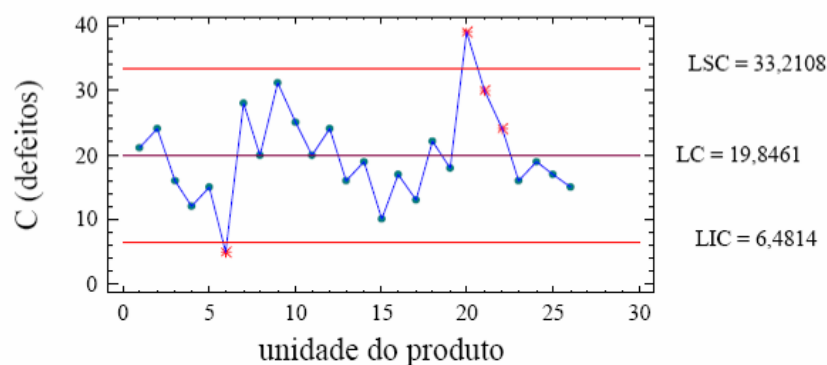


Gráfico 9- Carta C - Defeitos na Placa de Circuito Impresso

FONTE: CHAVES NETO (2003)

2.3- CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO (CEP)

O conceito de processo sob controle estatístico (ou fora de controle estatístico) é tão importante quanto o de Variabilidade, e torna-se extremamente importante ressaltar que os critérios para a identificação de problemas compreendem a existência de padrões não aleatórios, os quais incluem, entre outros, a existência de pontos fora dos limites de controle (PALADINI, 1995).

O CEP justifica-se pela existência e pela necessidade de avaliar a variabilidade de modo a obter, manter ou melhorar o nível da qualidade. Sempre que houver uma série de observações ou medidas obtidas de um processo, tais medidas não serão idênticas entre si, haverá uma variação, produzindo um padrão flutuante: Nenhum processo por maior que seja a sua “Qualidade” poderá extinguir totalmente esta variabilidade (REIS, 2001).

De acordo com Levine (2000), o gráfico de controle é um meio de monitorar variações nas características de um produto ou serviço:

- i) Focalizando a dimensão do tempo no qual o sistema produz produtos ou serviços;
- j) Estudando a natureza da variabilidade no sistema. O gráfico de controle pode ser utilizado para estudar o desempenho passado e/ou para avaliar condições presentes. Dados coletados por meio de um gráfico de controle podem formar a base para a melhoria do processo.

Pode-se dizer que um CEP é um sistema de "feedback", ou seja, os resultados de um processo são analisados e seu desempenho é avaliado; se eles não estiverem dentro de parâmetros pré-definidos, uma ação sobre esse processo, ou partes dele, é tomada para corrigi-lo, se possível, e ajustar a qualidade dos seus resultados, sejam produtos ou serviços.

Bartman (1986), define o Controle Estatístico do Processo (CEP) como um conjunto de ferramentas usadas para conseguir estabilizar o processo e reduzir a variabilidade, proporcionando significativos retornos às companhias que o implementam. O envolvimento do administrador e do comitê de melhoria do processo de qualidade é um componente potencial para o sucesso do CEP. Este sucesso geralmente é obtido centrando esforços nos seguintes pontos:

- 1º) liderança do administrador;
- 2º) o acesso das informações a uma equipe;
- 3º) educação e informação aos empregados em todos os níveis;
- 4º) ênfase no processo de melhoria contínua;
- 5º) um mecanismo para reconhecer o sucesso.

Quando a melhoria é bem sucedida, deve-se comunicar tal fato a todos os elementos da companhia, pois isso provoca motivação e incentiva a melhorar outros processos.

2.3.1- Fluxo do controle estatístico do processo

A filosofia de W. Edwards Deming, é uma importante estrutura para implementar melhorias da qualidade e da produtividade. O CEP pode ser aplicado a qualquer processo.

O gráfico 10 detalha o fluxo do controle estatístico do processo.

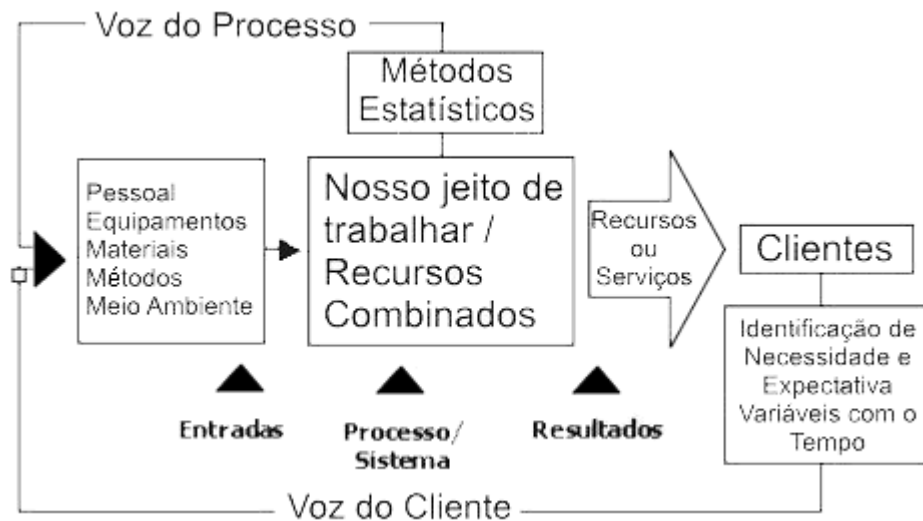


Gráfico 10-Controle Estatístico de Processos

FONTE: RAMOS (2000)

Pode-se pensar no processo como uma combinação de fornecedores, produtores, pessoas, equipamentos, materiais de entrada, métodos de trabalho, e ambientes, que operam em conjunto para gerar o resultado desejado. O desempenho total do processo depende da ligação entre fornecedor e cliente, da maneira como o processo é planejado e implementado, como, também, de sua operação e gerenciamento. O apoio do sistema de controle do processo é útil somente se ele contribui tanto para a manutenção do nível de excelência quanto para melhorar o desempenho total do processo.

Todos os processos de produção têm uma variação inerente, isto é, duas peças produzidas nunca são exatamente iguais se forem medidas com grande precisão. A variação pode ser categorizada pelos termos de causas “comum” ou “especial”. Um processo estável faz com que os produtos variem dentro de uma faixa previsível. Isto é chamado de “causa comum” de variação. Por outro lado, as “causas especiais” de variação resultam de eventos imprevistos, tais como matéria prima não conforme, uma ferramenta quebrada ou uma queda de energia. O CEP fornece as ferramentas para medir o grau dessas variações, com o objetivo

de eliminar completamente as causas especiais e atingir sistematicamente as causas comuns, reduzindo-as no decorrer do tempo. (DATALYSER,2006).

Segundo Kurcrevski (2003), em qualquer processo de produção, por mais cuidado que possa se tomar, sempre existe uma variabilidade "natural", oriunda em muitas vezes de pequenas falhas ocorridas involuntariamente durante o processo. Um processo que está acontecendo com pouca chance de apresentar variação é denominado estatisticamente controlado. Outros tipos de variações podem, ocasionalmente, estar presentes em um processo. Estas variações, geralmente, são oriundas de seis causas: máquinas ajustadas; erro do operador; má qualidade da matéria prima, método de trabalho, meio ambiente e meios de medição. O processo de produção geralmente opera em um estado de controle, contudo podem ocorrer causas de variabilidade, que deixam o processo fora de controle.

O maior objetivo do processo de controle estatístico é detectar rapidamente causas de variabilidade, corrigindo-as antes das unidades não conformes serem fabricadas. Para esse objetivo, utilizam-se os gráficos de controle no processo on-line, mo uma grande ferramenta para reduzir a variabilidade do processo.

2.3.2- Limites de controle

Escolha dos Limites de Controle é uma decisão crítica. Diminuindo-se os itens de controle, corre-se o risco de se cometer um erro do tipo I (chegar à conclusão de que um processo está fora do controle, quando na realidade não está).

Alargando-se os limites de controle, corre-se o risco de se cometer um erro do tipo II (concluir que todos os pontos estão no limite de controle, quando na realidade não estão).

De um modo geral, os limites de controle são determinados como múltiplos do desvio padrão. O múltiplo geralmente utilizado é três, pois é o múltiplo que apresenta bons resultados na prática por atingir 99,72% das variações, valor este obtido para o intervalo de confiança $(1 - \alpha)$ para o parâmetro μ a média do processo que no estatístico pivô z onde se obtém o valor 3 (três). (CHAVES NETO, 2003)

Reis apud (Wheeler,1995) declara textualmente: “independentemente da distribuição da estatística amostral, virtualmente todos os valores irão estar dentro dos limites de três desvios padrões, sempre que o processo estiver sob controle estatístico”. O problema reside em como calcular o valor do desvio padrão: neste ponto é que a suposição sobre a distribuição terá que ser satisfeita para que os valores dos limites sejam consistentes.

No entanto alguns analistas sugerem a adoção de dois tipos de limites de controle: os tradicionais 3 sigmas, e o 2 sigmas. Quando algum ponto exceder o limite 3 sigmas, é

necessário verificar a variabilidade e tomar ações corretivas imediatamente. Onde sigma (σ) corresponde ao desvio padrão das observações da amostra em torno da média e traduz a variabilidade do processo.

Quando houver excessos em 2 sigmas, observa-se o limite de advertência 1: a observação será mais cautelosa na verificação das amostras e os respectivos efeitos. Apesar do limite de advertência aumentar a sensibilidade do gráfico, na prática não é muito utilizado, pois pode confundir o operador.

A detecção da tendência nem sempre é tão óbvia. No entanto, há algumas regras para se determinar a presença de uma tendência ou mesmo se o ponto está fora dos limites de controle. Ou seja: há tendência de se encontrar fora dos limites de controle se:

- 1º) um ou mais pontos estão fora dos limites de controle;
- 2º) uma seqüência, de pelo menos oito pontos, estão todos acima ou todos abaixo da linha central;
- 3º) dois ou três pontos consecutivos estão fora dos limites de alerta a dois desvios padrões, apesar de estarem dentro dos limites de controle (3sigma);
- 4º) quatro ou cinco pontos estão fora dos limites de alerta a um padrão;
- 5º) os dados não são tomados aleatoriamente;
- 6º) um ou mais pontos estão muito próximos dos limites de controle.

Deve-se utilizar mais do que uma destas regras. Se várias destas regras de sensibilidade são encontradas em um gráfico, pode-se afirmar com grande confiança que o gráfico está fora de controle.

Por exemplo, se um ponto excede os limites de controle, imediatamente deve-se iniciar a busca pela causa de variabilidade, mas se dois ou três pontos consecutivos excederem apenas o limite de advertência de 2-sigmas, deve-se aumentar a freqüências das amostras, observando-as cada 15 minutos ao invés de a cada hora. O aumento da freqüência não garante que o processo esteja fora de controle, no entanto proporciona uma grande probabilidade de detectar mais rapidamente a situação fora de controle, do que se houver a retirada das ostras em um intervalo de tempo maior. Para reduzir variações de causa comum, é necessário alterar o sistema responsável pelo produto ou pelo serviço (Kurcrevski,2003).

O uso básico dos gráficos de controle é aplicado fundamentalmente para:

- 1º) verificar se em determinado período um processo estava sob controle. Isto é feito examinando-se o gráfico correspondente ao período de interesse;
- 2º) orientar a administração na manutenção do processo sob controle. Se o processo está sob controle é possível ignorar a flutuação caótica das observações, exceto no caso de ser

notada alguma observação fora dos limites de controle. É claro que se deve olhar com atenção a ocorrência de uma tendência (um padrão) em alguma direção. Isto é indicação de que alguma coisa além do acaso está influenciando o valor das observações. O objetivo principal dos Gráficos de Controle é fornecer informações úteis no aperfeiçoamento do processo.

Quando se atinge o controle estatístico do processo têm-se várias vantagens, tais como:

- a) fração de defeituosos permanece constante (na média);
- b) custos e índices de qualidade serão previsíveis
- c) produtividade será máxima com o sistema corrente, etc.

2.3.3- Tamanho da amostra

Kurcrevski, (apud Montgomery 1985), ressalta que num gráfico de controle deve-se especificar qual é a frequência da amostra e qual o tamanho da amostra. Em geral, utilizam-se grandes amostras para detectar pequenas variações no processo; caso contrário deve-se usar pequenas amostras para detectar grandes variações. Portanto quando se escolhe o tamanho da amostra, deve-se levar em conta qual o tamanho da mudança que se quer detectar.

Não se deve esquecer que o problema da escolha do tamanho da amostra e da frequência do processo de amostragem é um problema de alocação de esforços. Geralmente tem-se a disposição uma quantidade limitada de recursos para o processo de amostragem. A escolha é basicamente entre selecionar pequenas amostras frequentemente ou selecionar amostra maior com intervalos também maiores. Torna-se difícil afirmar qual estratégia será sempre a melhor, mas a prática hoje corrente na indústria é selecionar amostras menores mais frequentemente. Isso porque se acredita que se o intervalo entre as amostras é muito grande correm-se o risco de se produzir muitos artigos defeituosos antes de surgir uma oportunidade de detectar uma mudança nos níveis de operação do processo. Nesse caso considerações econômicas se o custo associado à fabricação de artigos defeituosos for alto, favorecem amostras menores selecionados mais frequentemente em relação à amostra maiores mais frequentes.

Outra opção para determinar o tamanho da amostra e o intervalo de frequência é através da ARL (average run length”) do gráfico de controle que é a média do número de pontos que devem ser plotados antes de um ponto indicar uma condição de fora de controle.

2.4- ÍNDICE DE CAPACIDADE DO PROCESSO (CP)

As causas de variabilidade podem ter duas origens: fonte interna e fonte externa. Ruído de fonte interna ocorre como resultado da seleção dos parâmetros dos produtos e processos, ou seja, se faz uma especificação de projeto e o valor fixado conduz a um desgaste ou deterioração precoces. Também pode ocorrer a variação inerente ao processo de fabricação. O ruído de fonte externa é aquele que se dá como resultado de variabilidade externa ao processo, tais como mudanças nas condições de umidade e temperatura, variabilidade na habilidade dos operários e a carga de trabalho a que o produto está sujeito (CHAVES NETO, 2003).

Durante a fase do projeto dos parâmetros do produto é freqüente não se conhecer todas as fontes de variabilidade (ruído) que afetam o produto, devido ao desconhecimento dos fatores que influem no desempenho do produto. Contudo, o projetista deve escolher os parâmetros que levem a uma redução da variabilidade.

Collin (2001) ressalta que o interesse neste item está crescendo devido às mudanças na filosofia de controle de qualidade. Sua utilização envolve não apenas a avaliação de processos, mas também a avaliação de fornecedores.

2.4.1- Medida do índice de capacidade do processo (Cp)

A capacidade tem sido definida por muitos caminhos. Como resultado, muitas medidas tem sido apresentada por diversos autores. O índice de capacidade é uma função adimensional dos parâmetros do processo (μ , σ) e da especificação do processo (LSE, T, LIE), desenvolvidos para “proporcionar uma linguagem comum e de fácil entendimento para a quantificação do desempenho do processo”, (Kane, 1986), onde:

μ = média do processo estimada por \bar{x}

σ = desvio padrão do processo (estimada por s)

LSE = limite superior de especificação

LIE = limite inferior de especificação

T = valor nominal ou valor alvo

Spiring (1997) aponta o índice Cp como a medida mais comum de capacidade. Cp mede a dispersão permitida no projeto pela medida da real dispersão do processo, ou seja, é a razão entre a amplitude de especificação de projeto e a amplitude de dispersão do processo. É uma medida da “performance” potencial do processo. A dispersão é relacionada com os limites de especificação, mas a locação do processo não é considerada nem na definição nem

no cálculo do Cp. Em alguns textos, como em Montgomery (1991), ele é chamado de PCR (Process-capability ratio), traduzido por Capacidade potencial de processo. O índice Cp é definido pela expressão fornecida pela Equação 1.

$$Cp = \frac{LSE - LIE}{6 \times \sigma} \quad (1)$$

Onde:

- LSE é limite de especificação superior;
- LIE é o limite de especificação inferior;
- σ é o desvio padrão do processo (estimado por s);
- $(LSE - LIE)$ é amplitude da especificação;
- $6 \times \sigma$ é a ampliação da dispersão do processo.

A amplitude do processo é geralmente assumida ser 6σ , o que representa, na teoria normal, a largura do intervalo que contém 99,73% da população. A amplitude de especificação é fixa, enquanto que a dispersão real do processo deve ser estimada.

Kane (1986) relata que um $Cp = 1,0$ indica que o processo é julgado capaz. Um valor de $Cp = 1,33$ é geralmente usado para processos correntes, segundo Juran, Gryna e Bingham (1979). Este valor dá certa garantia de que, quando as causas adicionais de variabilidade atuar, o Cp real do processo seja maior ou igual a 1,00.

Levando-se em conta que o índice Cp mede a dispersão do processo com relação aos limites de especificação, sem levar em conta a localização da média do processo, é possível que se tenha uma porcentagem de itens fora das especificações, mesmo com um Cp alto, devido a uma localização da média do processo suficientemente próxima ao limite de especificação. Chan, Cheng e Spiring (1988) e Kane (1986) descrevem dentro desta abordagem que um índice Cp com um alto valor não garante que todos os itens estejam dentro das especificações. Para avaliar mais eficientemente o desempenho do processo, foi introduzido o índice Cpk, que leva em conta a variabilidade do processo e sua locação com relação aos limites de especificação.

2.4.2- Índice de capacidade Cpk

Kane (1986) apresenta duas formas equivalentes para o índice Cpk. A primeira fórmula considera os limites de especificação superior e inferior separadamente. A segunda fórmula utiliza o desvio da média do processo pelo ponto médio dos limites de especificação.

Antes de apresentar o índice Cpk, será necessário considerar dois outros índices de capacidade: Cps e Cpi.

Considerando o caso de especificação unilateral superior define-se:

$$Cp_s = \frac{LSE - \mu}{3 \times \sigma} \quad (2)$$

Analogamente para processos com especificação unilateral inferior tem-se:

$$Cp_s = \frac{\mu - LIE}{3 \times \sigma} \quad (3)$$

Para o caso de especificações bilaterais define-se o índice como:

$$Cpk = \min (Cps, Cpi) \quad (4)$$

O índice Cpk, portanto, determina a distância entre a média do processo e o limite de especificação mais próximo e é uma medida mais realista da performance do processo.

Uma outra abordagem para o índice Cpk consiste em estabelecer uma relação com o Cp pelo seguinte processo:

$$Cpk = (1 - k) Cp$$

No entanto

$$(1-k) = Cpk / Cp \quad (5)$$

$$a(k-1) = Cp$$

Considerando as expressões das (Eqs. 1 a 5)

$$k = \frac{2(T - \mu)}{LSE - LIE} \quad (6)$$

Segundo Spiring (1991), o valor de k representa a porção da dispersão permitida do processo não produzida no alvo.

Se $k = 0$, a média do processo coincide com o valor alvo.

Se $k = 1$, a média do processo está localizada em um dos limites de especificação.

As duas definições de Cpk são algebricamente equivalentes para $k = 1$ e o valor alvo coincidem com o ponto médio dos limites de especificações.

Kane (1986) recomenda o uso e comparação dos índices Cp e Cpk para cada característica. Se o processo possui um baixo Cpk, então o índice Cp deve ser verificado para

determinar se a variabilidade é demasiadamente alta. Se C_p é próximo ao valor de C_{pk} , então a locação do processo não representa um problema.

2.4.3- Índice de capacidade C_{pk}

Boyles (1991) afirma que o índice C_{pk} não mede adequadamente a centralização do processo. Para isso, o autor dispõe de técnicas gráficas, gráficos (μ e σ), onde através de comparações dos índices demonstra que C_{pk} pode falhar na distinção de processos fora do alvo e dentro do alvo.

Uma medida alternativa de índice de capacidade do processo, como relata Spiring (1991), tem a capacidade de avaliar a proximidade do alvo devido à variação do processo. As mudanças são poderosas, com propriedades estatísticas superiores e aparência mais intuitiva. Este índice de capacidade do processo, denotado por C_{pk} . Neste caso, na expressão de C_p deve-se substituir o σ pela raiz do erro quadrático médio dado por

$$Com = E(x - T)^2 = V(x - T)^2 + E^2(\mu - T) = \sigma^2 + [\mu - T]^2$$

Desta forma temos:

$$C_{pk}_m = \frac{LSE - LIE}{6\sqrt{\sigma^2 + (\mu - T)^2}} \quad (7)$$

Boyles (1991) demonstra como o índice de C_{pk} pode falhar ao medir a centralização do processo em contraste com o índice C_{pk} , como apresentado no gráfico 11 a seguir.

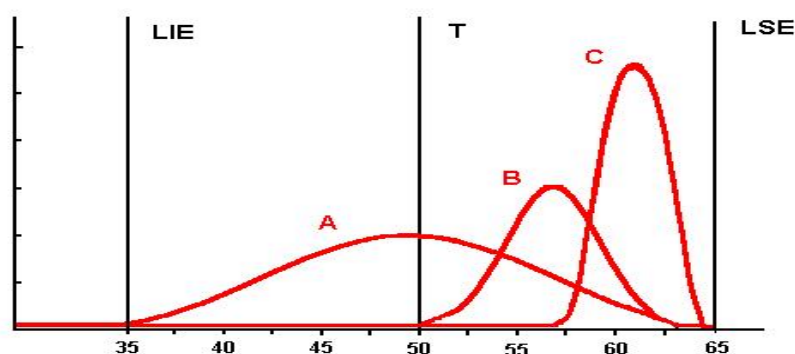


Gráfico 11-Três processos com $C_{pk}=1$

FONTE: ADAPTADO DE BOYLES (1991).

Processo	Cp	Cpkm	Cpk
A	1	1,00	1
B	2	0,63	1
C	4	0,44	1

Tabela 9-Comparação índices de capacidade

FONTE: ADAPTADO DE BOYLES (1991).

Segundo Kurcrevski (2003), estes três processos se equivalem de acordo com o Cpk, mas claramente são distintos de acordo com Cpkm. Diferem substancialmente com relação à centralização do processo. O índice Cpkm possui as propriedades necessárias para avaliar a capacidade do processo, podendo ser bastante útil para o acompanhamento da variabilidade do processo com relação ao valor nominal. Spring (1991) relata que o Cpkm pode também ser generalizado para situações onde o valor nominal (T) não é o ponto médio dos limites de especificação, como apresentado a seguir:

$$Cpk_m = \frac{\text{mínimo}(LSE - T, T - LIE)}{3\tau} \quad (8)$$

Onde: τ é a raiz do erro quadrático médio.

2.5- A FUNÇÃO PERDA DE QUALIDADE DE TAGUCHI

A partir de 1984, tem ocorrido uma mudança de pensamento com relação à qualidade e à tecnologia da engenharia através da aplicação dos Métodos de Taguchi. Embora esta mudança tenha ocorrido lentamente devido às controvérsias estatísticas, esta tecnologia está começando a promover os maiores efeitos nos produtos do que qualquer outro conceito ou método individual apresentado, conforme relata Kurcrevski (apud Sullivan, 1987).

De acordo com Chaves Neto (2003), a idéia de Taguchi para a vida funcional de um produto compreende quatro fases:

- 1 - fase do projeto do produto
- 2 - fase de projeto do processo de fabricação do produto
- 3 - fase de fabricação do produto
- 4 - fase de utilização do produto pelo consumidor.

De acordo com Kackar (1986) o controle de qualidade pode ser feito durante o projeto do processo, ou seja, o controle da qualidade é do tipo fora de linha (off line). Com o controle de qualidade realizado durante a fase de fabricação do produto ou execução do serviço tem-se o controle da qualidade na linha (on line). Na fase de utilização do produto pelo consumidor,

a assistência técnica e a garantia do produto são os mais utilizados para se tratar com os problemas de qualquer forma. A idéia de Taguchi é que a redução na variação do produto conduz a uma perda menor para a sociedade e que um procedimento correto de desenvolvimento do produto pode reduzir esta variabilidade. Portanto, a abordagem Taguchi para a qualidade é o processo de projeto de engenharia, para determinar os valores nominais e as tolerâncias dos parâmetros importantes do produto e do processo de produção. Tem-se, então, um projeto do sistema com a tecnologia e a experiência disponível para se criar um protótipo, um projeto do parâmetro onde se determina a medida ótima das características do produto e do processo. As medidas são ditas ótimas no sentido de minimizar a variabilidade de desempenho do produto. Também, tem-se o projeto de tolerância onde se fixa o valor ótimo dos fatores de tolerância, tais como tipo de material e limites de tolerância.

O ponto inicial da filosofia de Taguchi está em sua não-convencional definição de qualidade. Em contraste aos conceitos como “adequação ao uso”, “conformidade com os requisitos”, ou “satisfação do cliente”, a definição de Taguchi “perdas para a sociedade”, reflete dois valores orientais comuns, isto é, aspiração para o perfeccionismo, e trabalho para o bem coletivo.

O significado de aperfeiçoamento da qualidade é mudado para solucionar problemas através da redução da variabilidade em torno do valor alvo, tendo como ponto importante, como medir o aperfeiçoamento da qualidade. O principal foco do aperfeiçoamento da qualidade é a redução de custos.

Classificam-se os custos com a qualidade em três categorias:

1ª.) Custos com a prevenção: corresponde ao custo para manutenção do sistema de qualidade.

2ª.) Custos de avaliação: corresponde ao custo para manutenção do sistema de garantia de qualidade.

3ª.) Custo com falhas internas e falhas externas: corresponde ao custo com perdas de fabricação, refugo, retrabalho (internas) e garantia do produto, reparo dos produtos em uso (externas).

O gráfico 12 demonstra a função perda associada com a idéia de estar dentro ou fora dos limites de especificação. O alvo central, T, representa o nível ideal do parâmetro de projeto. Os dois limites de especificação LSE e LIE, são os limites de especificação simétricos padronizados. O eixo vertical é a medida do valor de perda devido ao desvio da característica do nível desejado.

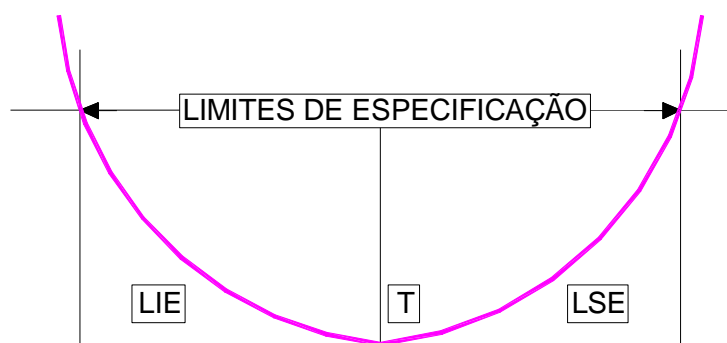


Gráfico 12 – Perdas de Taguchi

FONTE: ADAPTADO DE BARTMANN (1986).

A função perda de Taguchi estabelece uma medida financeira para o cálculo do desvio de uma característica do produto com relação ao valor nominal. Pode ser descrita como uma função quadrática que vem medir a qualidade e pressupõe que o objetivo seja produzir itens, sob um processo, de tal forma que se atenda a expectativa do consumidor com a menor variabilidade possível.

De acordo com Chaves Neto (2003), tradicionalmente, no Controle Estatístico do Processo, a qualidade é medida em função da fração de defeituosos. Taguchi considera esta medida incompleta, pois não leva em conta que um produto possa ter um desvio do valor nominal (desejado) de modo a comprometer a expectativa do consumidor, embora se situe dentro das especificações. Taguchi não considera que todos os produtos que atendem as especificações são de mesma qualidade. À medida que um desvio leva o produto a afastar-se do valor esperado (nominal) a qualidade projetada se deteriora.

Os produtos que não atendem às especificações, claramente, conduzem a perdas por retrabalho ou simplesmente por sucateamento. Os produtos que estão dentro das especificações também causam perdas, porém detectadas apenas pelo consumidor. Estas perdas conduzem à redução de mercado e prestígio do fabricante. Assim, Taguchi conceituou a função perda de modo a levar em conta também o prejuízo ocasionado pelos produtos que atendem às especificações, mas que apresentam defeitos quando de posse pelo consumidor.

Perda para a sociedade é medida pelo desvio real da característica de qualidade do produto do seu valor alvo. O uso desta função perda, uma expressão matemática que pode declarar, particularmente para propósitos gerenciais, o valor monetário da consequência de qualquer aperfeiçoamento em qualidade (MONTGOMERY, 1991)).

CAPÍTULO 3- MATERIAIS E MÉTODOS

O presente capítulo descreve os materiais e a metodologia de pesquisa utilizada no desenvolvimento dos experimentos e na sua análise estatística.

3.1- MATERIAIS UTILIZADOS

Os materiais empregados na parte experimental do trabalho foram blocos cerâmicos de seis furos e pasta de cimento de portland.

Os blocos cerâmicos utilizados nesta pesquisa foram os de 6 furos, com função de vedação, com dimensões de 9x14x19cm, considerado os mais comercializados em Curitiba e Região Metropolitana.

Os materiais utilizados no preparo da argamassa de capeamento foram:

- Cimento Portland de Alta Resistência Inicial, CPV-ARI-32 da marca CAUÊ, escolhido pela sua finura e menor tempo de cura.
- Areia quartzítica média lavada;
- Água potável de amassamento.

3.2- METODOLOGIA USADA NOS EXPERIMENTOS

3.2.1- Coleta das amostras

A amostragem teve como base a a dissertação de Wiczick (2006) que classificou as indústrias cerâmicas de Curitiba e RMC em cinco níveis, conforme os parâmetros da norma ISO 9000 e do Programa PSQ-B, considerando a situação organizacional da empresa, o processo produtivo e o produto acabado.

Wiczick (2006) aplicou o diagnóstico a quarenta e oito indústrias cerâmicas sindicalizada da RMC e constatou os seguintes resultados: três empresas-nível ótimo, duas empresas-nível bom, dezessete empresas-nível regular, dezessete empresas no nível ruim e nove empresas caracterizadas como nível crítico.

A seleção do subconjunto da população para a presente pesquisa foi planejada em quinze indústrias cerâmicas, considerando três de cada nível da classificação obtida por Wiczick (2006). A partir desta, tornou-se inviável, porque o nível bom não apresentou empresas em número suficiente e por ocasião da coleta das amostras algumas empresas não se dispuseram a participar da pesquisa. Consideraram-se então dez empresas participantes da pesquisa de Wiczick (2006) sendo uma do nível ótimo e a outra boa, três do nível regular, quatro do nível ruim e uma crítica. A partir da relação das indústrias sindicalizadas de

Curitiba e RMC, fornecida por Wiczick (2006) e pelo SINCEPAR, determinaram-se através de sorteio as cinco empresas para a formação do subconjunto de 15 indústrias cerâmicas.

A coleta das amostras foi efetuada em lotes compostos por 30 blocos cerâmicos, sendo 13 elementos para amostra T1, 13 elementos para a amostra T2, e quatro blocos para reserva para um eventual incidente, conforme propõe a NBR 15250-1 (ABNT, 2005).

A fim de preservar a identidade das empresas participantes da presente pesquisa, elaborou-se uma tabela atribuindo uma letra para cada empresa, conforme a Tabela 10.

ITEM	CÓD.	EMPRESA DO DIAGNÓSTICO Wiczick (2006)	CLASSIFICAÇÃO GRUPO	OBS.
01	A	1	CRITICO	
02	B	22	OTIMO	
03	C	02	RUIM	
04	D	10	REGULAR	
05	E	14	REGULAR	
06	F	12	RUIM	
07	G	11	RUIM	
08	H	33	REGULAR	
09	I	*	*	*
10	J	*	*	*
11	K	09	RUIM	
12	L	*	*	*
13	M	*	*	*
14	N	04	BOM	
15	O	*	*	*

* - empresas não participantes do diagnóstico (Wiczick, 2006).

Tabela 10 - Indústrias selecionadas

As amostras foram coletadas diretamente nas instalações das indústrias, pertencendo a um mesmo lote e listadas em meio magnético. As coletas foram agrupadas em duas etapas, sendo a primeira coleta efetuada em sete indústrias cerâmicas e a segunda coleta em oito indústrias cerâmicas realizadas com intervalo de 15 dias. As variáveis envolvidas nos experimentos e suas quantidades encontram-se listadas na Tabela 11.

ITEM	DESCRIÇÃO	Ud	TOTAL
01	número de olarias envolvidas	un	15
02	número de amostras por indústria	un	2
03	tamanho da amostra normalizada (13) mais 2 reserva	un	15
04	total de blocos	un	450

Tabela 11-Principais variáveis do experimento

3.2.2- Transporte, recebimento, preparação e armazenamento.

O transporte das amostras foi realizado com o auxílio de um veículo tipo caminhonete. As amostras foram embaladas com plástico reforçado com fundo de papelão, em grupos de seis blocos, sendo as embalagens identificadas e etiquetadas com o código atribuído a cada indústria.

Os corpos-de-prova foram recebidos, identificados, limpos e armazenados nas instalações do Laboratório de Materiais e Estruturas da UFPR-LACTEC. Definido o local de trabalho, as amostras foram desembaladas e colocadas em palets de madeira. Optou-se por colocar placas de papelão sobre o “palet” da esquerda conforme Figura 1, devido às ripas de apoio serem muito espaçadas, podendo oferecer riscos de tombamento das pilhas de blocos cerâmicos.



Figura 11 -Palet para apoio das amostras

Nessa ocasião, os blocos cerâmicos receberam a identificação conforme o seguinte critério: a letra correspondente à empresa, o dígito 1 seguido de dois dígitos iniciando em 01 até 13, assim o bloco A105 corresponde à indústria A, amostra 1 e elemento 05. Este bloco, devidamente identificado, pode ser observado na figura 2. Para a segunda amostra, colocou-se o número 2 após a letra (por exemplo: A205).



Figura 12-Identificação dos corpos-de-prova da primeira amostra

Para determinar como marcar a identificação dos blocos, realizou-se um teste inicial, pois a marca não poderia sair com alta temperatura e nem ser solúvel em água. Foi realizado teste com giz de cera e caneta marcadora para retroprojeto. Optou-se pela caneta pela facilidade da marcação. A marca foi grafada na face correspondente à largura de modo a ficar visível quando empilhados os blocos, e tornasse a pilha segura estando com a face 14x19cm servindo de apoio.

Para a segunda coleta, as amostras foram colocadas em palets agrupadas por indústria, sem embalar, como pode ser observado na figura 13. Na descarga, algumas amostras se misturaram, causando mais transtorno no agrupamento e identificação não ocorrendo problemas, pois todas as amostras estavam com o nome da indústria impressos no bloco cerâmico. , de acordo com a NBR 15270-1 (ABNT, 2005).



Figura 13-Blocos cerâmicos identificados

Durante o desenvolvimento das mensurações no laboratório, procurou-se atender às normas de segurança do trabalho com utilização de EPI's - equipamentos de proteção individual, que foram: luvas, avental e protetor auricular, , sendo este necessário devido ao uso do laboratório para outros experimentos simultaneamente.

3.3- ENSAIOS REALIZADOS

Os ensaios foram realizados para a determinação de algumas características geométricas, físicas e mecânicas dos blocos cerâmicos, conforme listas na Tabela 12.

Características	Experimento
Geométricas	Medida do Comprimento
	Medida da Largura
	Medida da Altura
Físicas	Determinação do Índice de absorção
Mecânica	Determinação da Resistência à compressão (Fb)

Tabela 12 Características ensaiadas

3.3.1- Determinação das características geométricas

As características geométricas dos blocos cerâmicos foram determinadas pelas análises das dimensões das faces. De acordo com as determinações da NRB 15270-3 (ABNT, 2005) foram registradas as medidas de cada face pelo eixo do bloco cerâmico e determinada a média de cada medida obtida para faces opostas (dimensões efetivas). Através do produto destas dimensões efetivas determinou-se a área bruta (A_b) necessária para a determinação da resistência à compressão. As determinações foram afetadas para 390 corpos-de-prova.

Estes ensaios foram realizados com os seguintes instrumentos:

- paquímetro com sensibilidade mínima de 0,05 mm;
- régua metálica com sensibilidade mínima de 0,5mm;
- esquadro metálico de $90^\circ \pm 0,5^\circ$;
- balança digital com resolução de 1,0 gramas.

Os procedimentos de ensaio foram os seguintes:

- k) Os blocos cerâmicos foram colocados sobre uma superfície plana e indeformável;
- l) A medição dos blocos foi realizada nas faces, de forma a obter as medidas do comprimento (C), largura (L) e altura (H), conforme preconiza a NBR 15270-3 (ABNT, 2005).
- m) O valor de cada dimensão foi identificado e comparado com o valor de referência estabelecido. Inicialmente utilizou-se uma régua em alumínio (vide figura 4), porém constatou-se a ocorrência de variação de medidas e o fato de não estar aferida, e devido à pressão exercida contra o apoio do lado oposto da amostra, resultou na

obtenção de valores de medição não confiáveis. Desta forma, optou-se por utilizar um paquímetro devidamente aferido, como pode ser observado na figura 5.

- n) Foram anotados todos os valores obtidos, registrando-os em planilha eletrônica.

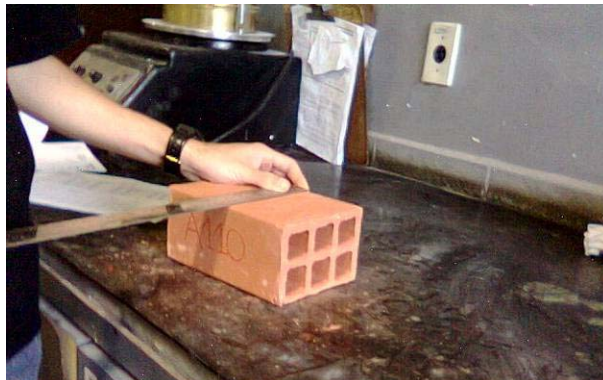


Figura 14 - Medição de bloco cerâmico com régua.



Figura 15 - Medição de bloco cerâmico com o paquímetro.

3.3.2- Determinação da Característica física: absorção

As características físicas dos blocos cerâmicos foram determinadas pelos ensaios de caracterização da massa seca e do índice de absorção de água (AA), de cada corpo-de-prova.

A execução dos ensaios procedeu-se com os seguintes equipamentos:

- Balança digital da marca MARTE, modelo A10K, com resolução de 1 grama, carga máxima de 10k, temperatura ideal de trabalho de 15 a 350 C, calibrada pelo TECPAR em 20/02/06;
- Estufa com capacidade de 150 litros e com temperatura ajustável a 105 °C.

Os procedimentos para a obtenção das massas natural e seca dos blocos foram os seguintes:

Preparou-se uma planilha eletrônica usando o programa Excel de acordo com a metodologia de ensaio descrita pela norma brasileira NBR 15.270-3 (ABNT, 2005).

Foram retiradas todas as partículas soltas e pulverulentas (pó) e efetuou-se a pesagem de cada bloco, obtendo a massa do mesmo no seu estado natural de 13 amostras. Em seguida foram colocadas na estufa que já se encontrava em temperatura de 105°C. Como a temperatura ambiente apresentava-se a 18°C decorreram três horas para a temperatura da estufa retornar a 105°C. Aguardou-se uma hora, retiraram-se os blocos cerâmicos determinando a massa seca. Constatou-se que ocorreu perda de média de massa de 0,60% em relação à massa natural. No prazo de 15 minutos os blocos foram novamente colocados na estufa permanecendo por 4 horas. Esta nova medida de massa indicou variação média de 0,40 % em relação à determinação anterior. Até este resultado transcorreram 5h15min. A especificação da NBR 15.270-3 (ABNT, 2005) é que o percentual de diferença seja de 0,25%. Portanto seria necessário repetir o processo várias vezes para atingir o resultado previsto.

Considerando o volume de peças a ensaiar e o tempo necessário para as determinações de massa seca e o prazo disponível para o uso do laboratório verificou-se que não seria viável concluir os ensaios no prazo disponível para uso do laboratório. Por este motivo buscou-se outro procedimento para efetuar esta determinação de variação massa entre observações.

Sendo assim, verificaram-se os procedimentos executados em outros laboratórios como o Laboratório da UTFPR e o Laboratório Falcon Bauer. O procedimento realizado nestas instituições e que foi adotado, consistiu em: determinar o peso natural, colocar os blocos cerâmicos para secarem em estufa a temperatura de 105°C por período de 24 horas para atingirem a massa seca, efetuar a medição do peso da amostra seca em tempo máximo de 15 minutos após a retirada dos blocos da estufa para não absorver umidade ambiente, em seguida procedeu-se a imersão dos blocos por lote em tanque com água na temperatura ambiente em média 18°C, permanecendo imersos durante 24 horas. Então os blocos foram pesados determinando a massa úmida.

Para este fluxo de trabalho foi elaborada outra planilha para lançamento das massas natural e seca dos blocos

Os blocos então foram retirados da estufa e pesados individualmente, obtendo-se a massa seca (ms), expressa em gramas. Como o registro da massa natural foi efetuado, viabilizou confirmar a perda de massa após a secagem.

Na Figura 16, pode-se observar a bancada de execução desta fase do trabalho, tendo-se no piso à esquerda os blocos aguardando a medição, no tampo o bloco sendo medido, no centro do piso os blocos aguardando a pesagem e, à direita, os blocos que já foram pesados.



Figura 16 - Bancada de medição dos blocos

A Figura 17 apresenta as amostras de uma indústria após a determinação da massa natural aguardando o momento de serem colocadas na estufa.



Figura 17 - Estufa para secagem das amostras

A identificação lateral dos blocos permitiu um melhor controle do fluxo de trabalho. Tendo-se em vista que os blocos saíam da estufa à temperatura de 105° , agilizou-se a permanência de cada bloco sobre o prato da balança, mantendo o necessário para estabilizar a medição, verificando-se sempre a tara indicativa da pesagem.

Após a pesagem, os blocos foram espalhados no piso do laboratório para terem sua temperatura estabilizada (vide Figura 18). A cada 30 minutos procedia-se a mudança de face de apoio para o resfriamento mais rápido. Conforme pode ser analisado na figura 13 anterior, a variação da cor nos blocos cerâmicos já ocorria antes do processo de secagem.



Figura 18 - Blocos aguardando estabilização da temperatura

A etapa seguinte, para a determinação do índice de absorção dos blocos, iniciou-se com a imersão dos blocos por lote em tanque com água na temperatura ambiente em média 18oC, permanecendo imersos durante 24 horas, como pode ser observado na Figura 19.

Observou-se que, pelo fato dos blocos estarem com os furos colocados na posição horizontal dentro do tanque, ocorria retenção de ar dentro dos mesmos. Desse modo tornou-se necessário imprimir movimento leve no tanque de água, atuando sobre a pilha de blocos para saída do ar retido, conforme bolhas que podem ser vistas na Figura 19.



Figura 19 - Blocos cerâmicos imersos em tanque com água

Após 24 horas de imersão, os blocos foram retirados em grupos de quatro e colocados com os furos na posição vertical para escoamento da água. A secagem superficial foi realizada com o auxílio de um pano de algodão como mostrado na Figura 20. Em seguida mediu-se a massa úmida do bloco com auxílio da balança.



Figura 20–Secagem do excesso de água do bloco

Foram então anotados os valores da massa úmida absorvida dos blocos e calculados os valores do índice de absorção de água (AA) de cada bloco, conforme a Eq. 9 .

$$AA(\%) = \frac{m_u - m_s}{m_s} \times 100 \quad (9)$$

Onde: m_u e m_s representam a massa úmida e a massa seca de cada corpo-de-prova, respectivamente, expressas em gramas.

3.3.3- Determinação da característica mecânica: Resistência à Compressão

A característica mecânica dos blocos cerâmica aqui avaliada foi à resistência à compressão, determinadas pelo ensaio de ruptura executado individualmente em alguns dos blocos.

Foram selecionados, de cada uma das 15 indústrias Cerâmica, corpos-de-prova disponíveis, perfazendo duas amostras com 2 blocos cerâmicos de cada indústria, sendo uma para ensaio da face 9x19 cm e outra para ensaio da face 14x19 cm, ambos representando as espessuras usuais utilizadas na execução das alvenarias na indústria da construção civil.

Os blocos cerâmicos foram ensaiados conforme suas características reais, isto é, não foram rejeitadas amostras. Foram selecionados por sorteio, conforme a numeração estabelecida para caracterização do bloco cerâmico. Para este ensaio, foram utilizados os mesmos blocos submetidos ao ensaio de absorção.

Para se validar o procedimento anterior, de se utilizarem blocos já submetidos ao ensaio de absorção no ensaio de ruptura, foram selecionados cinco blocos que não foram submetidas ao ensaio de absorção, pertencentes ao grupo de reserva. Estes blocos cerâmicos

foram preparados na face de 9x19cm e as dimensões foram determinadas conforme os procedimentos descritos no item “a”.

A Figura 21 mostra os blocos dispostos conforme a face a receber o capeamento, a qual foi identificada com “x”. A identificação do bloco cerâmico foi refeita para ficar visível durante o ensaio de ruptura.



Figura 21- Blocos posicionados para o capeamento

Conforme a NBR 15.270-3 (ABNT), os corpos-de-prova foram capeados com argamassa simples de cimento e areia composta de quartzo (traço 1:1, 5), com fator água-cimento de 0,6. Não se utilizou a pasta de cimento pois em capeamento-tese efetuado constatou-se a fissuração da superfície durante o processo de cura do cimento. Este fato também foi constatado em visita técnica a outro laboratório de ensaios de blocos cerâmicos. Não foram executados ensaios de qualidade do cimento e granulométricos dos agregados miúdos e da qualidade da água.

Não foi utilizado o capeamento com argamassa de enxofre, pois de acordo com Jacobowicz (1982), o aquecimento da argamassa de enxofre até fusão, necessário para a aplicação do produto, elimina cheiro extremamente polutivo.

Para o preparo da argamassa, a areia foi seca em estufa e peneirada através peneiras normais de malhas quadradas, com aberturas de 1,2 e 0,6 mm. O agregado miúdo utilizado foi o material que passou pela peneira 0,6 mm, como apresentado na Figura 22.



Figura 22 - Peneira intermediária utilizada no peneiramento do agregado miúdo

A dosagem dos materiais componentes da argamassa simples foi aferida através da pesagem dos materiais envolvidos, conforme Figura 23 e Figura 24.



Figura 23 - Pesagem do cimento usado na argamassa de capeamento



Figura 24 - Pesagem da areia usada na argamassa de capeamento

Foram moldados quatro corpos-de-prova da argamassa para o ensaio de ruptura aos 7 dias. Este ensaio é necessário para a verificação da resistência da argamassa de capeamento, que deve obedecer aos limites da norma NBR 15270-3 (ABNT, 2005). Após o período de

cura, foi executado o capeamento com enxofre dos corpos-de-prova da argamassa, sobre as faces superiores e inferiores.

A figura 25 mostra o corpo de prova de argamassa de capeamento numero 2 após o rompimento.



Figura 25 - Cp's após o ensaio de resistência 'à compressão

Os mesmos foram rompidos e sua resistência apresentou valor superior a resistência à compressão do bloco cerâmico, estando de acordo com o esta especificação descrita no item C.4.1.b NBR 15270-3 (ABNT, 2005).

CORPO DE PROVA	FORÇA (Kgf)	RESISTENCIA A COMPRESSAO (MPa)
CP1	2729	13.6
CP2	4288	24.0
CP3	4447	22.2
CP4	3465	17.3

Tabela 13-Resultados dos ensaios de resistência

Os blocos cerâmicos foram capeados com esta argamassa simples, sobre as faces superior e inferior, com espessura média da capa de 3 mm. Durante o capeamento, os corpos-de-prova foram assentes sobre placas de vidro plano com espessura de 5mm, as quais foram previamente untadas com óleo mineral e forradas com folha de papel jornal. Cada bloco cerâmico foi pressionado sobre este plano de vidro, sendo retiradas as rebarbas de argamassa excedente. Este procedimento pode ser observado na figura 26. Em três casos, tornou-se necessário refazer o capeamento devido à ocorrência de falhas, possivelmente causadas por aprisionamento de ar gerado durante o posicionamento do corpo-de-prova sobre o plano.



Figura 26 Assentamento do bloco cerâmico sobre plano de vidro

Decorridas três horas do capeamento de uma face do bloco cerâmico, retirou-se o plano de vidro e preparou-se a superfície para o capeamento da outra face, seguindo os mesmos procedimentos citados anteriormente.

Terminado o capeamento, os blocos foram colocados em bandejas organizadas por indústria e conferidos a numeração. Optou-se por manter os blocos apoiados por uma face capeada para evitar esforço transversal na ligação capeamento/bloco.

O processo de cura dos corpos-de-prova foi por imersão, iniciado 24 horas após o capeamento e imersos em água por 6 horas, conforme mostrado na figura 27.



Figura 27-Cura dos blocos capeados

Os corpos de provas foram então retirados da imersão, o excesso de água foi removido com o auxílio de uma toalha, e transportados com carrinho de mão até o laboratório de ensaio de ruptura.

Os ensaios de ruptura foram realizados através de uma máquina de ensaios à compressão, universal EMIC DL 30000N, conforme figura 28. Conectada num computador munido do software M-Test (versão 1.08), que foi utilizado para aquisição das cargas de ruptura, com deslocamento do braço da prensa com velocidade de carga de 0,5 mm/min, utilizando a célula de carga com capacidade última de 5 kN.



Figura 28- Prensa de ensaio de resistência à compressão

A Figura 29 apresenta um elemento de cada amostra participante da pesquisa iniciando pela empresa “A” a esquerda e terminando em “O” a direita.. Concluídos os ensaios as amostras foram retiradas do local e encaminhadas para serem reaproveitadas na execução de mureta.



Figura 29-Identificação das amostras

CAPÍTULO 4- ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.

Conforme descrito no capítulo 03 as amostras dos blocos cerâmicos foram coletadas em quinze indústrias cerâmicas da região metropolitana de Curitiba.

Os blocos cerâmicos de vedação (seis furos) classificados conforme a norma técnica descrita no capítulo anterior como (1)Mx(3/2)Mx(3)M e equivalente a 9x14x19 cm, foram analisados quanto as suas dimensões (largura, altura e comprimento), índices de absorção de água e resistência à compressão, de acordo com os procedimentos estabelecidos pelas Normas Técnicas NBR 15270-1, NBR 15270-3 (ABNT, 2005). Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística para determinação índices de capacidade.

Cabe ressaltar que o foco desta dissertação ao analisar as amostras dos blocos cerâmicos e obter os resultados não se limita às estimativas da média proposta pelos ensaios realizados, mas ir além, verificando se dentro dos conceitos de qualidade e capacidade de processo, as indústrias cerâmicas podem ser consideradas como tendo um “processo capaz” de produzir peças focadas nos limites de especificações explicados no capítulo anterior fixados pelas Normas Técnicas NBR 15270-1, NBR 15270-3 (ABNT, 2005).

Para viabilizar a avaliação do controle estatístico de processo das indústrias cerâmicas da região metropolitana de Curitiba com base nos índices de capacidade, procedeu-se a avaliação por indústria cerâmica e pelo setor da indústria cerâmica. Foi feita à avaliação da capacidade do processo em relação às dimensões e absorção de umidade.

Para cada indústria foram obtidos os resultados do índice de capacidade da amostra 1, composta por 13 blocos cerâmicos. Para a validação deste resultado, foram determinados os resultados do índice de capacidade da amostra 2, composta por outros 13 blocos cerâmicos. Devido à variabilidade encontrada nas determinações, as amostras 1 e 2 foram agrupadas formando uma nova amostra com 26 elementos, que passou a constar com o nome de amostra 3 nos gráficos e tabelas demonstrativas apresentadas.

A avaliação da capacidade de processo das indústrias cerâmicas juntamente com os resultados dos índices de capacidade está informada nas tabelas 14 a 18, os quais apresentam os valores correspondentes a amostra 1, amostra 2, e para a amostra 3 que se refere aos 26 elementos coletados da respectiva indústria cerâmica.

Para caracterizar o setor da indústria cerâmica com relação à capacidade de produção, as amostras 1 de todas as indústrias foram agrupadas recebendo a identificação T1. O mesmo ocorreu com as amostras 2, que receberam a identificação T2. A amostra 3, recebendo a

identificação T3, agrupou todas as indústrias cerâmicas e todas as amostras, fornecendo a capacidade de processo do setor baseada nos índices de capacidade.

A avaliação da capacidade de processo do setor da indústria cerâmica da RMC e o resultado dos índices de capacidade e estão informados no final das Tabelas 14 a 18, apresentando os valores correspondentes ao subconjunto de todas as amostras 1 de cada indústria cerâmica e por identificada T1 com 195 elementos, os valores correspondentes ao subconjunto de todas as amostras 2 de cada indústria cerâmica foram identificados amostra T2 com 195 elementos, e para a amostra T3 que se refere aos 390 elementos coletados da respectiva indústria cerâmica. Os gráficos para o setor da indústria cerâmica estão representados pela letra “T”:

4.1- ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS: DIMENSÃO

Foram analisadas as características geométricas referentes a dimensões: largura altura e comprimento. Os resultados tabelados inicialmente em planilha eletrônica permitiram a entrada no software estatístico Statgraphics onde através do calculo da média e do desvio padrão das amostras, foram obtidos os índices de capacidade do processo.

4.1.1- Análise das Características Geométricas: Largura

A figura 30 identifica a dimensão largura.

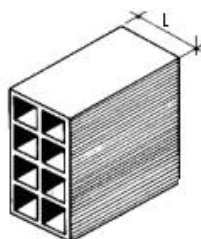


Figura 30-Identificação da dimensão largura

O gráfico 13 representa os valores dos índices de capacidade de produção do setor de indústrias cerâmicas para as amostras T1, determinado pela medição da largura dos blocos cerâmicos.

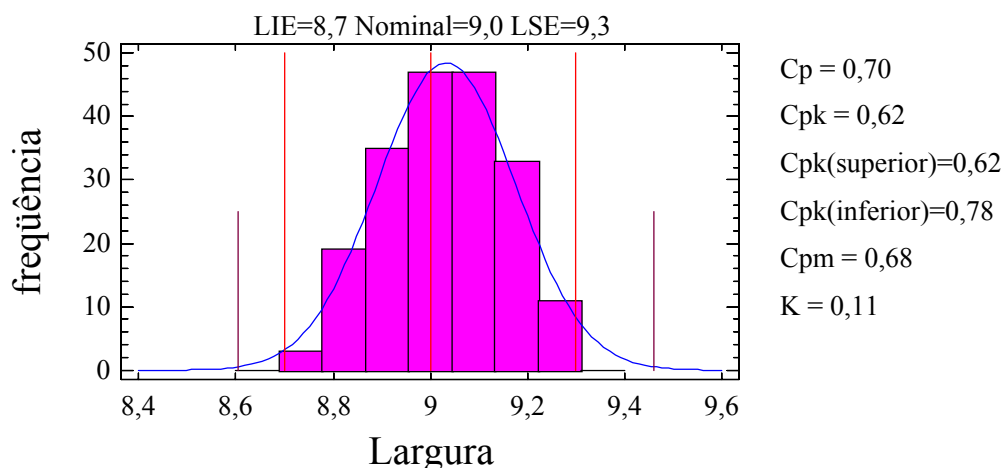


Gráfico 13 – Índices de capacidade da largura amostra T1

Para amostra T1 referente a largura representada no gráfico acima, tomou-se por base a distribuição Gaussiana (normal) sendo que, a média das observações da amostra não coincide com o valor nominal de 9 cm estabelecido pela NBR 15270-1 (ABNT, 2005). A medida deste afastamento é estimada pelo índice $k = 0,11$ que indica o sentido de deslocamento do processo para o limite superior de especificação. Então, podemos dizer que há um maior consumo de matéria prima na produção dos blocos cerâmicos. A capacidade do processo, sendo avaliada pelo índice de capacidade $C_{pm} = C_{pkm} = 0,68$, é menor que “um”, isto significa que o processo é considerado “não capaz” com base nas observações da amostra T1 para largura. Considerando a capacidade medida pelo $C_p = 0,70$ e empregando o procedimento da distribuição normal através da variável reduzida “z” quem comprar o produto deve esperar um total de 40410 itens defeituosos por milhão, ou seja, 40.410 ppm.

Para validar a avaliação determinou-se o gráfico 14, que representa os valores dos índices de capacidade de produção do setor indústrias cerâmicas para a amostra T2 para largura.

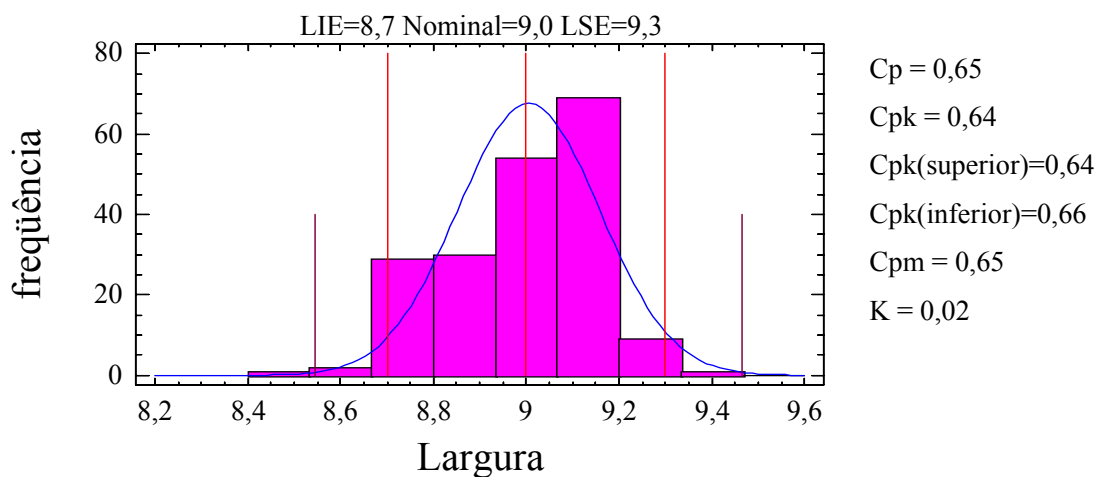


Gráfico 14 - Índices de capacidade da largura – amostra T2

Para a amostra T2 referente a largura representada no gráfico acima, tomou-se por base a distribuição Gaussiana (normal) sendo que a média das observações da amostra está descentrada do valor nominal estabelecido pela NBR 15270-1 (ABNT, 2005). A medida deste afastamento é estimada pelo índice $k = 0,02$ que indica o sentido de deslocamento do processo para o limite superior de especificação, comparado com o valor da amostra T1 verifica-se que está mais centrado. Neste caso está ocorrendo maior consumo de matéria prima na produção dos blocos cerâmicos. A capacidade do processo, sendo avaliada pelo índice de capacidade Como $C_{pkm} = 0,65$, é menor que “um”, é considerado “não capaz” com base nas observações da amostra T2. Essa capacidade C_p indica que quem comprar o produto deve esperar em torno de 50.000 ppm de defeituosos.

Para confirmar a avaliação determinou-se o Gráfico 15 que representa os valores dos índices de capacidade de produção do setor indústrias cerâmicas representada pela amostra T3 para largura.

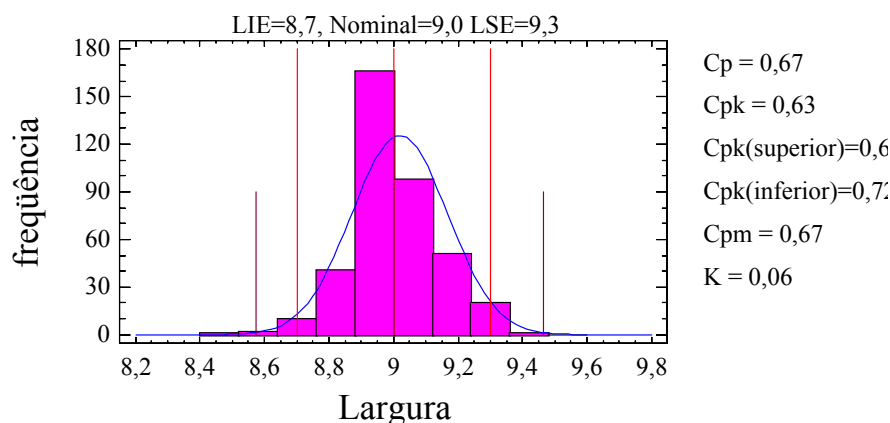
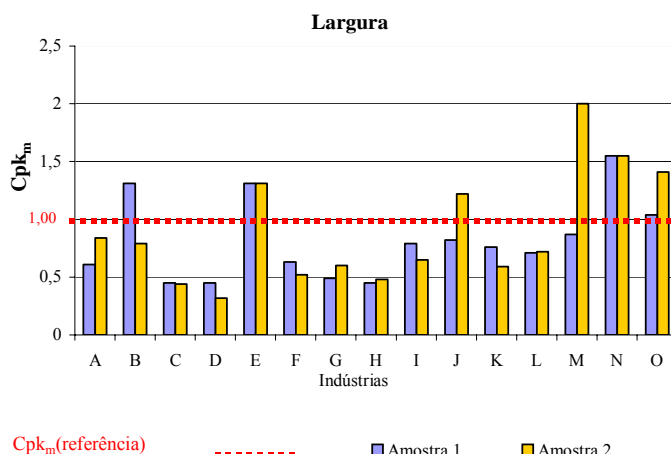


Gráfico 15- Índices de capacidade da largura amostra T3

Para a amostra T3 referente a largura, representada no gráfico acima, tomou-se por base a distribuição Gaussiana (normal) sendo que a média das observações da amostra não coincide com o valor nominal estabelecido pela NBR 15270-1 (ABNT, 2005). A medida deste afastamento é estimada pelo índice $K = 0,06$ que indica o sentido de deslocamento do processo para o limite superior de especificação, no caso a maior dimensão, comparado com o valor da amostra T1 e T2 verifica-se que assumiu posição intermediária.

Neste caso está ocorrendo maior consumo de matéria prima na produção dos blocos cerâmicos. A capacidade do processo, sendo avaliada pelo índice de capacidade $C_{pm} = C_{pkm} = 0,67$, é menor que “um”, é considerado “não capaz” com base nas observações da amostra T1 para largura.

O gráfico 16 representa os índices de capacidade de processo das amostras 1 e 2, para largura, em relação com o índice de capacidade de referência $C_{pm} = C_{pkm} = 1$.

Gráfico 16 - C_{pkm} das amostras 1 e 2 (largura)

Analisando a amostra T1 e amostra T2 para largura, ambas possuem das 15 (quinze) indústrias cerâmicas, tem-se para a primeira amostra 04 (quatro) indústrias cerâmicas processo capaz ($C_{pkm} \geq 1$) que são E, M, N O, e 11 (onze) indústrias consideradas não capazes

($C_{pk_m} < 1$, ou seja, 73% (setenta e três por cento), e para a segunda amostra: 05 indústrias B – E – J – M – N – O apresentando processo capaz, 10 (dez) indústrias consideradas não capaz, ou seja, 66% (sessenta e seis por cento), das indústrias analisadas apresentaram variabilidade na medida das observações em relação a largura do bloco cerâmico. Neste gráfico cada barra representa o C_{pk_m} de cada uma das 15 (quinze) indústria cerâmica.

O gráfico 17 representa os índices de capacidade de processo das amostras 3 para cada uma das 15 (quinze) indústrias cerâmica em relação à largura, relacionadas com o índice de capacidade de referência $C_{pm} = C_{pk_m} = 1$ e o índice de capacidade do setor.

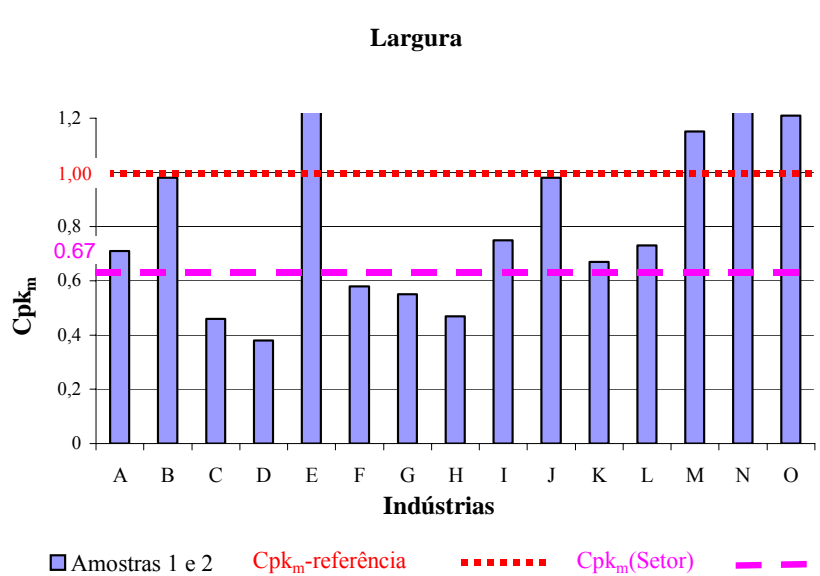


Gráfico 17 - Índice cpkm (referência) com cpkm (setor)

As indústrias E, M, N, O são consideradas capazes, ou seja, cerca de 73% (setenta e três por cento) das indústrias analisadas apresentaram variabilidade na medida das observações em relação a largura, todas resultaram nos índices inferiores ao índice de referência, que é igual a 1,0.

Cada indústria cerâmica tem caracterizado seu gráfico de distribuição apresentado no apêndice.

Na Tabela 14 foi registrada as estimativas da média, do desvio padrão e os índices de capacidade para a largura (linhas A a O), sendo que a linha T apresenta os valores do setor industrial cerâmico.

O fato das indústrias cerâmicas estarem produzindo a dimensão largura dentro dos limites de especificação de ± 3 mm determinados pela norma técnica NBR 15270-1, ABNT(2005), não assegura a capacidade do processo.

Pela análise realizada, são consideradas “capazes” as indústrias “E – M – N - O” pela análise individual.

Considerando o Setor da indústria cerâmica como um todo se conclui que o processo não é capaz de produzir largura conforme o valor nominal estabelecido pela norma técnica NBR 15270-1, ABNT (2005) e dentro do conceito de “índice de capacidade”.

Análise dimensional da largura																				
LIMITES DE ESPECIFICAÇÃO - LIE = 8,7cm Nominal = 9,0cm LSE = 9.3cm																				
INDÚSTRIAS		Amostra 1					Amostra 2					Amostra 3					Conclusão			
		Lar _m	D.P.	Cp	Cpk	Cpkm	Larm	D.P.	Cp	Cpk	Cpkm	Larm	D.P.	Cp	Cpk	Cpkm	Processo			
	A	9,11	0,12	0,84	0,54	0,61	8,69	0,11	0,89	0,78	0,84	9,03	0,13	0,74	0,65	0,71	NC			
	B	8,99	0,07	1,32	1,28	1,31	8,43	0,10	0,97	0,75	0,79	8,96	0,09	1,06	0,93	0,98	NC			
	C	9,21	0,05	2,03	0,62	0,45	9,19	0,10	0,96	0,35	0,44	9,02	0,08	1,25	0,42	0,46	NC			
	D	8,80	0,07	1,41	0,47	0,45	8,72	0,12	0,81	0,06	0,32	8,76	0,11	0,94	0,19	0,38	NC			
	E	8,96	0,07	1,54	1,34	1,31	8,96	0,07	1,54	1,34	1,31	8,96	0,06	1,57	1,37	1,34	C			
	F	8,86	0,06	1,54	0,83	0,63	8,83	0,07	1,33	0,58	0,52	8,85	0,07	1,42	0,69	0,58	NC			
	G	9,18	0,08	1,20	0,49	0,49	9,15	0,07	1,51	0,78	0,60	9,16	0,07	1,33	0,61	0,55	NC			
	H	9,02	0,08	1,22	0,41	2,45	9,15	0,13	0,75	0,37	0,48	9,18	0,11	0,90	0,37	0,47	NC			
	I	9,01	0,07	1,41	0,94	0,79	9,12	0,08	1,20	0,71	0,65	9,16	0,07	1,32	0,84	0,75	NC			
	J	8,94	0,10	0,46	0,76	0,82	9,01	0,08	1,25	0,18	1,22	8,98	0,10	1,01	0,93	0,98	NC			
	K	9,05	0,12	0,13	0,68	0,76	8,86	0,09	1,15	0,62	0,50	8,96	0,14	0,70	0,61	0,67	NC			
	L	9,08	0,12	0,86	0,64	0,71	9,12	0,07	1,45	0,89	0,72	9,10	0,09	1,04	0,71	0,73	NC			
	M	8,99	0,08	1,20	0,89	0,87	9,02	0,04	2,28	2,10	2,00	9,05	0,07	1,41	1,18	1,15	C			
	N	8,95	0,06	1,56	1,52	1,55	9,04	0,05	1,97	1,72	1,55	9,02	0,06	1,63	1,55	1,58	C			
	O	8,95	0,08	1,29	1,06	1,04	9,00	0,07	1,41	1,41	1,41	8,97	0,08	1,29	1,17	1,21	C			
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
	T	9,03	0,14	0,70	0,62	0,68	9,01	0,15	0,65	0,64	0,65	9,02	0,15	0,67	0,63	0,67	NC			
OBS	Amostra 3 corresponde ao agrupamento da amostra 1 com a amostra 2													C- CAPAZ NC- NÃO CAPAZ						
T	Todas as industrias do setor ceramico de blocos																			
Larm	largura média em cm																			
D.P.	desvio padrão																			
Cp	índices de capacidade do processo,média valor entre cpk(superior) e cpk(inferior) >=1																			
Cpk	minimo valor entre cpk(superior) e cpk(inferior) >=1																			
Cpkm	índices de capacidade do processo centrado no valor nominal >= 1																			

Tabela 14- Análise dimensional (largura)

4.1.2- Análise da característica geométrica: altura

A figura 31 identifica a dimensão altura.

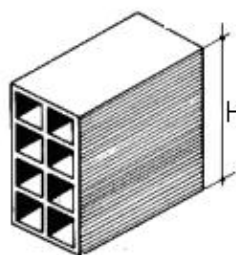


Figura 31-Identificação da dimensão altura

O Gráfico 18 representa os resultados dos índices de capacidade de produção das indústrias cerâmicas para a amostra T1, resultados da medição da altura dos blocos cerâmicos.

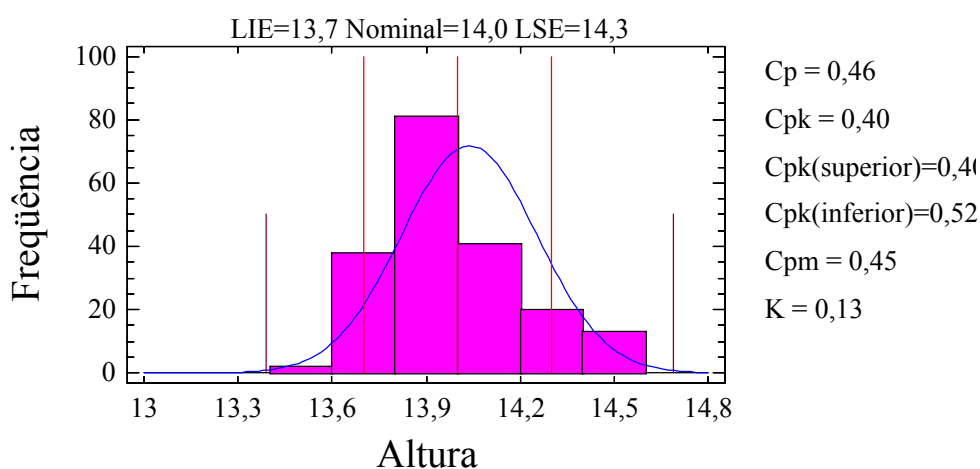


Gráfico 18 - Índices de capacidade da altura amostras T1

Para a amostra T1 referente a altura representada no gráfico acima, tomou-se por base a distribuição Gaussiana (normal) sendo que, a média das observações da amostra não coincide com o valor nominal estabelecido pela NBR 15270-1 (ABNT, 2005). A medida deste afastamento é estimada pelo índice $k = 0,13$ que indica o sentido de deslocamento do processo para o limite superior de especificação. Então, podemos dizer que há um maior consumo de matéria prima na produção dos blocos cerâmicos. A capacidade do processo, sendo avaliada pelo índice de capacidade $C_{pm} = C_{pk} = 0,45$, é menor que “um”, é considerado “não capaz” com base nas observações da amostra T1 para altura.

Para validar a avaliação determinou-se o Gráfico 19 que representa os valores dos índices de capacidade de produção do setor indústrias cerâmicas para a amostra T2 para altura.

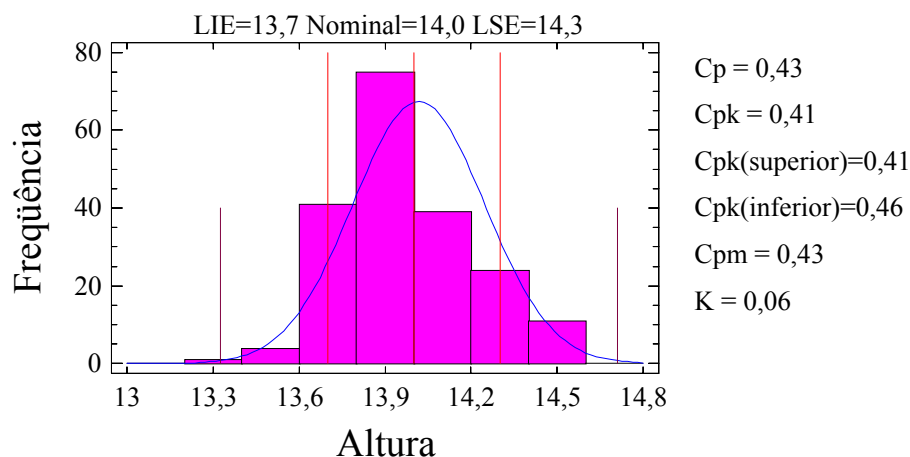


Gráfico 19-Índices de capacidade da altura amostras T2

Para a amostra T2 referente a altura representada no gráfico acima, tomou-se por base a distribuição Gaussiana (normal) sendo que a média das observações da amostra não coincide com o valor nominal estabelecido pela NBR 15270-1 (ABNT, 2005). A medida deste afastamento é estimada pelo índice $k = 0,06$ que indica o sentido de deslocamento do processo para o limite superior de especificação, comparado com o valor da amostra T1 verifica-se que esta melhor centrado. Neste caso está ocorrendo maior consumo de matéria prima na produção dos blocos cerâmicos. A capacidade do processo, sendo avaliada pelo índice de capacidade $C_{pm} = C_{pk} = 0,43$, é menor que “um”, é considerado “não capaz” com base nas observações da amostra T2 para altura.

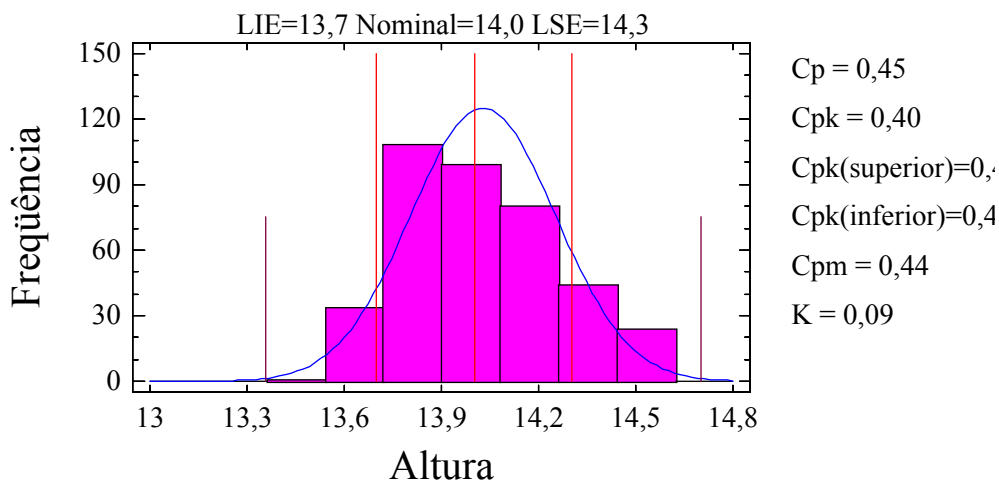


Gráfico 20-Índices de capacidade da altura amostras T3

A amostra T3 para altura, representada no gráfico acima, tomou por base a distribuição Gaussiana (normal) sendo que a média das observações da amostra não coincide

com o valor nominal estabelecido pela NBR 15270-1 (ABNT, 2005) A medida deste afastamento é estimada pelo índice $k=0,09$ que indica o sentido de deslocamento do processo para o limite superior de especificação, comparado com o valor da amostra T1 e T2 verifica-se que assumiu posição intermediária. Neste caso está ocorrendo maior consumo de matéria prima na produção dos blocos cerâmicos. A capacidade do processo, sendo avaliada pelo índice de capacidade $Cpm=Cpkm=0,44$, é menor que “um”, é considerado “não capaz” com base nas observações da amostra T3 para altura.

O Gráfico 21 apresenta os índices de capacidade de processo das amostras 1 e 2, para a altura, e o índice de capacidade de referência $cpm=cpkm=1$.

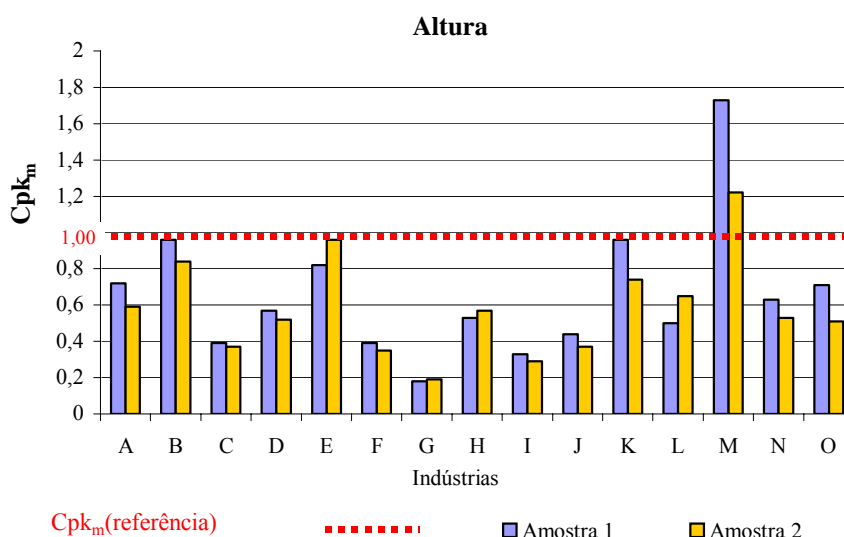


Gráfico 21- Cpk_m das amostras 1 e 2 (altura)

Analisando o gráfico amostra 1 e amostra 2 para altura, para cada uma das 15 (quinze) indústria cerâmica, temos para a primeira amostra: 01(uma) indústria cerâmica apresentando processo capaz, M, e 14 (quatorze) indústrias consideradas não capazes, ou seja, 93% (noventa e três por cento), e para a segunda amostra: 01 indústria apresentando processo capaz, “M”, e 14 (quatorze) indústrias consideradas não capazes, ou seja, 93% (noventa e três por cento), das indústrias analisadas apresentaram variabilidade na medida das observações em relação a altura.

O Gráfico 22 representa os índices de capacidade de processo das amostras T3 para largura, analisando a representação do índice de capacidade de produção das amostras 1 e 2, relacionadas com o índice de capacidade de referência $cpm=cpkm=1$. Com o índice de capacidade do setor, que possui 15 (quinze) indústrias, onde somente 1 (uma) indústrias são consideradas “capazes,”M” e 14 (quatorze) indústrias consideradas não capazes, ou seja, 93% (noventa e três por cento), r cento) das indústrias analisadas apresentaram variabilidade na

medida das observações em relação a largura, todas resultaram nos índices de capacidade inferiores ao índice de referência, que é igual a 1,0.

O índice de capacidade de produção do setor representado pelas amostras 1 e 2, analisadas num mesmo critério, resultou no índice de 0,67.

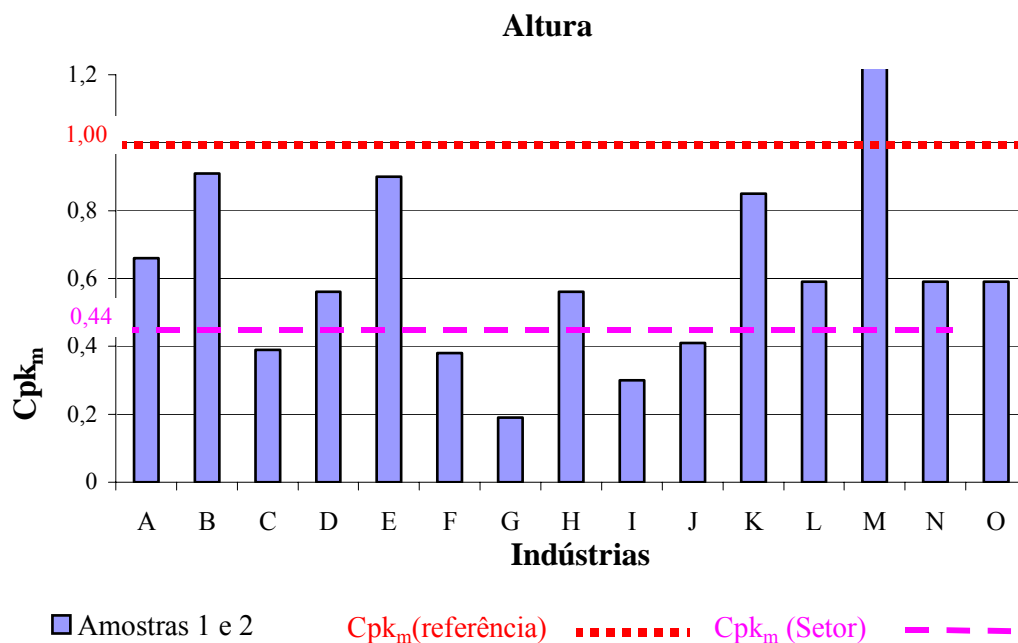


Gráfico 22- Relação Cpk_m (referência) com Cpk_m (setor)

Na Tabela 15, registrou-se os estimadores estatísticos: média, desvio padrão e os índices de capacidade, (linhas A a O), sendo que a linha T apresenta os valores do setor industrial cerâmico.

O fato das indústrias estarem produzindo a dimensão altura dentro dos limites de especificação de +/- 3 mm determinados pela norma técnica ABNT (2005), não assegura a capacidade do processo.

Pela análise individual realizada, as indústrias cerâmica “M” é considerada com processo “capaz” de produzir largura conforme o valor nominal estabelecido pela norma técnica NBR 15270-1, ABNT(2005).

Considerando o setor da indústria cerâmica conclui-se que o processo não é capaz de produzir largura conforme o valor nominal estabelecido pela norma técnica NBR 15270-1, ABNT(2005).

Análise dimensional da altura																	
LIMITES DE ESPECIFICAÇÃO - LIE = 13,7cm Nominal = 14,0cm LSE=14.3cm																	
INDÚSTRIAS		Amostra 1					Amostra 2					Amostra 3					Conclusão
		Alt _m	D.P.	Cp	Cpk	Cpk _m	Alt _m	D.P.	Cp	Cpk	Cpk _m	Alt _m	D.P.	Cp	Cpk	Cpk _m	Cpk _m
	A	14,05	0,13	0,79	0,65	0,72	13,96	0,17	0,61	0,54	0,59	14,01	0,15	0,66	0,64	0,66	NC
	B	14,02	0,10	0,99	0,91	0,96	13,06	0,11	0,89	0,78	0,84	13,99	0,11	0,92	0,89	0,91	NC
	C	14,22	0,12	0,82	0,23	0,39	14,25	0,13	0,80	0,18	0,37	14,22	0,12	0,83	0,21	0,39	NC
	D	14,08	0,15	0,66	0,47	0,57	13,98	0,19	0,52	0,50	0,52	14,03	0,18	0,57	0,30	0,56	NC
	E	14,01	0,12	0,82	0,78	0,82	13,99	0,10	0,90	0,94	0,96	14,00	0,11	0,90	0,89	0,90	NC
	F	13,76	0,07	1,54	0,32	0,39	13,74	0,08	1,30	0,17	0,35	13,75	0,08	1,41	0,24	0,38	NC
	G	14,52	0,06	1,67	-1,24	0,18	14,49	0,06	1,56	-1,00	0,19	14,51	0,06	1,59	-1,10	0,19	NC
	H	13,82	0,15	0,67	0,93	0,53	13,87	0,12	0,90	0,51	0,57	13,89	0,13	0,77	0,46	0,56	NC
	I	14,26	0,14	0,72	0,09	0,33	14,32	0,15	0,66	-0,03	0,28	14,29	0,15	0,69	0,03	0,30	NC
	J	13,79	0,06	1,56	0,48	0,44	13,78	0,14	0,70	0,18	0,37	13,78	0,11	0,92	0,26	0,41	NC
	K	14,00	0,00	0,96	0,94	0,96	13,91	0,10	1,05	0,73	0,74	13,96	0,11	0,91	0,78	0,85	NC
	L	13,94	0,19	0,53	0,42	0,50	14,02	0,15	0,66	0,62	0,65	13,97	0,17	0,57	0,52	0,57	NC
	M	14,03	0,05	2,08	1,87	1,73	14,00	0,08	1,22	1,22	1,22	0,02	0,07	1,48	1,41	1,44	C
	N	13,89	0,11	0,90	0,57	0,63	13,86	0,12	0,84	0,45	0,53	0,88	0,11	0,88	0,52	0,59	NC
	O	14,08	0,12	0,83	0,64	0,71	14,15	0,13	0,79	0,41	0,51	14,12	0,12	0,80	0,51	0,59	NC
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	T	14,04	0,22	0,46	0,40	0,45	14,02	0,23	0,43	0,41	0,43	14,03	0,22	0,45	0,40	0,44	NC
OBS	Amostra 3 corresponde ao agrupamento da amostra 1 com a amostra 2														C- CAPAZ NC- NÃO CAPAZ		
T	Todas as industrias do setor ceramico de blocos																
Alt _m	altura média em cm																
D.P.	desvio padrão																
Cp	índices de capacidade do processo,média valor entre cpk(superior) e cpk(inferior) >=1																
Cpk	minimo valor entre cpk(superior) e cpk(inferior) >=1																
Cpk _m	índices de capacidade do processo centrado no valor nominal >= 1																

Tabela 15-Análise dimensional (altura)

4.1.3- Análise da característica geométrica: comprimento

A figura 32 identifica a dimensão comprimento.

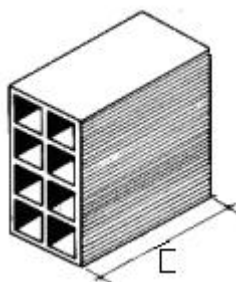


Figura 32-Identificação da dimensão comprimento

O Gráfico 23 representa os resultados dos índices de capacidade de produção das indústria cerâmicas para as amostras 1, resultados da medição do comprimento dos blocos cerâmicos.

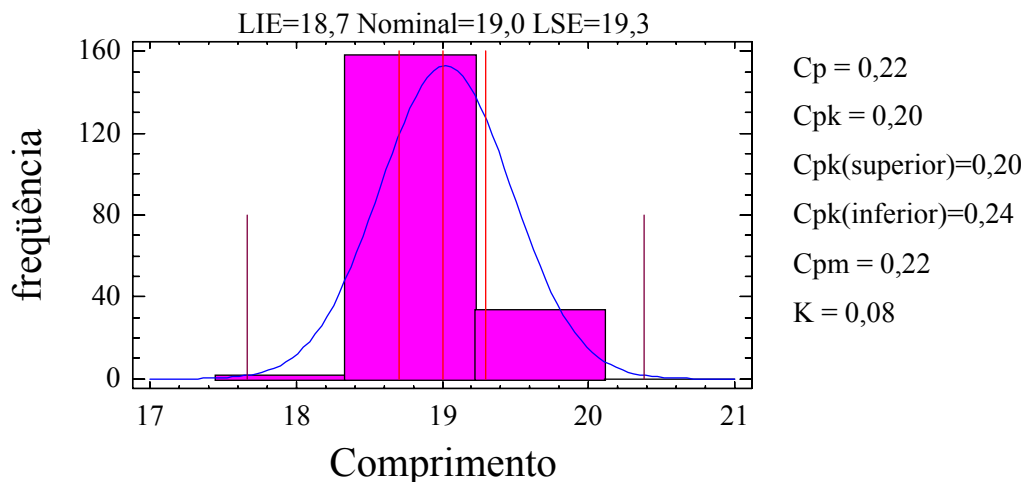


Gráfico 23- Índices de capacidade das amostras t1 (comprimento)

Para a amostra T1 referente ao comprimento representada no gráfico acima, tomou-se por base a distribuição Gaussiana (normal) sendo que, a média das observações da amostra não coincide com o valor nominal estabelecido pela NBR 15270-1 (ABNT,2005). A medida deste afastamento é estimada pelo índice $k = 0,08$ que indica o sentido de deslocamento do processo para o limite superior de especificação. Então, podemos dizer que há um maior consumo de matéria prima na produção dos blocos cerâmicos. A capacidade do processo, sendo avaliada pelo índice de capacidade $C_{pm} = C_{pkm} = 0,22$, é menor que “um”, é considerado “não capaz” com base nas observações da amostra T1 para o comprimento.

Para validar a avaliação determinou-se o Gráfico 24 que representa os valores dos índices de capacidade de produção do setor indústrias cerâmicas para a amostra T2.

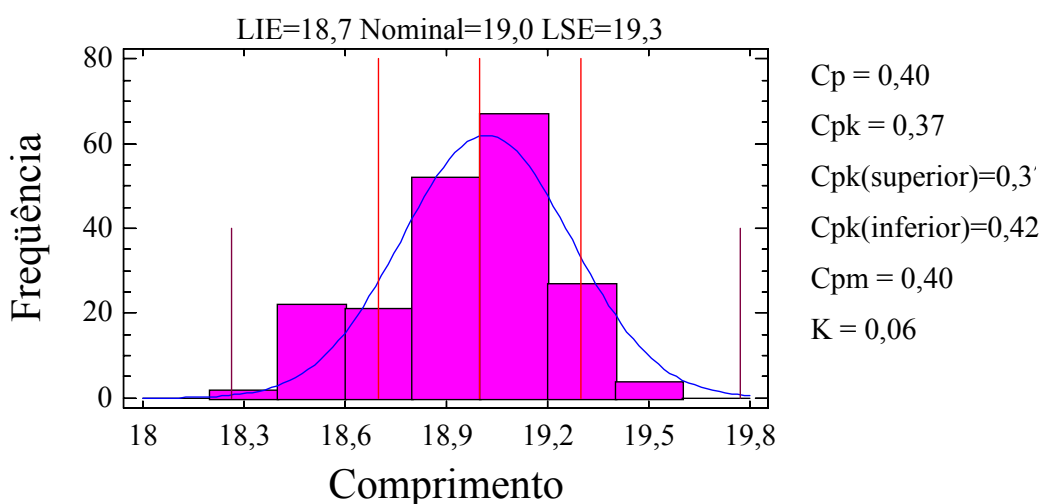


Gráfico 24-Índices de capacidade das amostras T2 (comprimento)

Para a amostra T2 referente ao comprimento representada no gráfico acima, tomou-se por base a distribuição Gaussiana (normal) sendo que o centro da curva está próximo do valor nominal, o valor de k indica a não centralidade com o valor nominal. O afastamento para o

sentido da maior dimensão caracteriza maior consumo de material. A capacidade do processo, sendo representada $Com = C_{pk} = 0,40$, que é menor que um portanto considerado processo “não capaz”.

O Gráfico 25 apresenta os valores dos índices de capacidade de processo do setor de indústria cerâmica das amostras 1 e 2, agrupadas formando a amostra T3 para o comprimento.

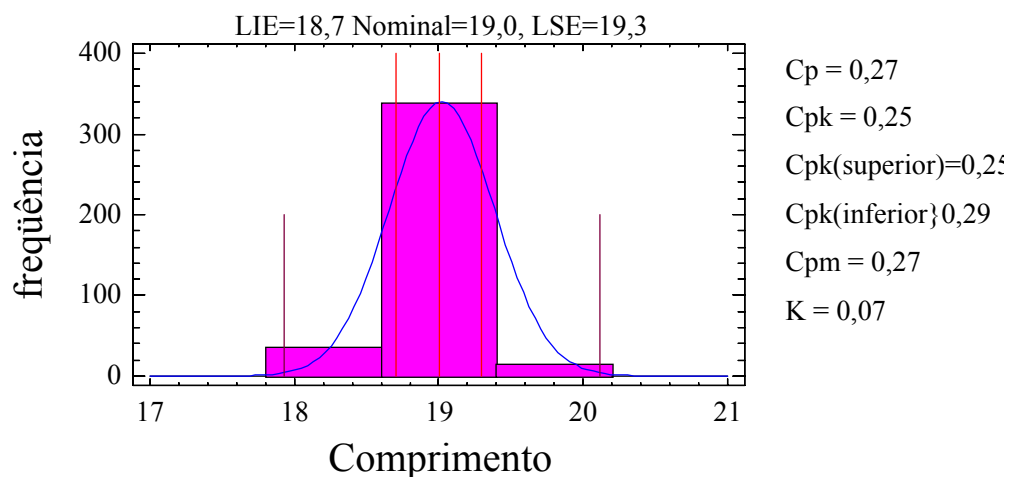
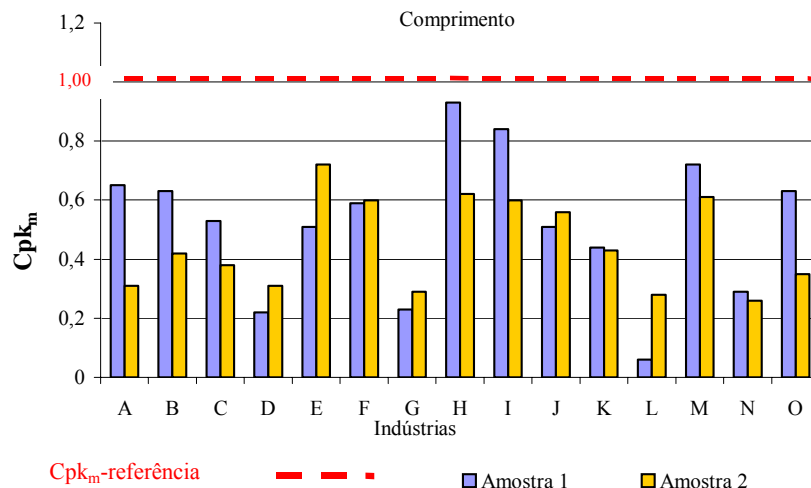


Gráfico 25-Índices de capacidade das amostras T3 (comprimento)

Para a amostra T3 referente ao comprimento, representada no gráfico acima, tomou por base a distribuição Gaussiana (normal) sendo que o centro da curva está próximo do valor nominal “k”, indicando a não centralidade com o valor nominal. O afastamento para o sentido da maior dimensão caracteriza um processo fabril de maior consumo de material. A capacidade do processo é representada $C_{pm} = C_{pk} = 0,27$, que é menor que o valor de referência “1”, caracterizando o processo, “não capaz”.

O Gráfico 26 apresenta os índices de capacidade de processo das amostras 1 e 2, em relação com o índice de capacidade de referência $c_{pm} = c_{pk} = 1$.

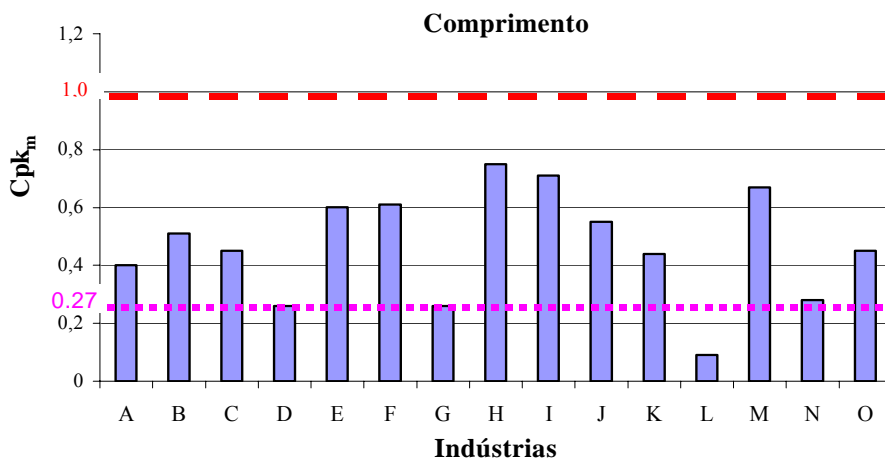
Analisando a amostra 1 e amostra 2 para largura, onde para cada uma das 15 (quinze) indústria cerâmica, para a primeira amostra: não temos indústrias cerâmica apresentando processo capaz, todas são consideradas não capazes, e para a segunda amostra: não temos indústrias cerâmica apresentando processo capaz, todas são consideradas “não capazes” apresentaram variabilidade na medida das observações em relação ao comprimento.

Gráfico 26- Cpk_m das amostras T1 e T2 (comprimento)

O Gráfico 29 representa os índices de capacidade de processo das amostras T3 para o comprimento, analisando a representação do índice de capacidade de produção das amostras 1 e 2, relacionadas com o índice de capacidade de referência $c_{pm}=c_{pk_m}=1$. com o índice de capacidade do setor, que possui 15 (quinze) indústrias, onde nenhuma das indústrias são consideradas capacitadas, ou seja, 100% (cem por cento) das indústrias analisadas apresentaram variabilidade na medida das observações em relação a largura, todas resultaram nos índices inferiores ao índice de referência, que é igual a 1,0.

O índice de capacidade de produção do setor representados pelas amostras 1 e 2, analisadas num mesmo critério, resultou no índice de 0,27.

Cada indústria cerâmica tem caracterizado seu gráfico de distribuição apresentado no



apêndice.

Amostras 1 e 2 Cpk_m-referência Cpk_m (Setor)

Gráfico 27- Relação cpk_m (referência) com cpk_m (setor)

Na Tabela 16, registra os estimadores estatísticos: média, desvio padrão e os índices de capacidade foram registrados os estimadores de média, desvio padrão e os índices de

capacidade para o comprimento (linhas A a O), sendo que a linha T apresenta os valores do setor industrial cerâmico.

. O fato das indústrias cerâmica estarem produzindo a dimensão largura dentro dos limites de especificação de ± 3 mm determinados pela norma técnica NBR 15270-1, ABNT(2005), não assegura a capacidade do processo.

Considerando o Setor da indústria cerâmica conclue-se que o processo não é capaz de produzir o comprimento conforme o valor nominal estabelecido pela norma técnica NBR 15270-1, ABNT (2005).

LIMITES DE ESPECIFICAÇÃO - LIE = 18,7cm Nominal = 19,0cm LSE=19,3cm																	
INDÚSTRIAS		Amostra 1					Amostra 2					Amostra 3					Conclusão
		Com _m	D.P.	Cp	Cpk	Cpk _m	Com _m	D.P.	Cp	Cpk	Cpk _m	Com _m	D.P.	Cp	Cpk	Cpk _m	Processo
	A	19,05	0,14	0,69	0,53	0,65	18,75	0,19	0,53	0,08	0,31	18,90	0,22	0,44	0,29	0,40	NC
	B	18,05	0,15	0,66	0,56	0,63	18,89	0,21	0,48	0,31	0,42	18,92	0,18	0,55	0,41	0,51	NC
	C	18,87	0,13	0,76	0,43	0,53	18,82	0,19	0,53	0,22	0,38	18,85	0,16	0,62	0,30	0,45	NC
	D	19,38	0,20	0,50	-0,14	0,22	19,25	0,19	0,53	0,08	0,31	19,32	0,20	0,49	-0,03	0,20	NC
	E	15,98	0,19	0,51	0,48	0,51	19,07	0,12	0,65	0,65	0,72	19,03	0,16	0,61	0,56	0,66	NC
	F	19,12	0,12	0,82	0,51	0,59	19,08	0,14	0,71	0,51	0,60	19,01	0,13	0,77	0,51	0,61	NC
	G	19,41	0,18	1,25	-0,48	0,23	19,22	0,11	0,87	-0,04	0,29	19,36	0,11	0,91	-0,20	0,26	NC
	H	19,08	0,07	1,38	1,03	0,93	19,12	0,11	0,94	0,58	0,62	19,10	0,09	1,09	0,74	0,75	NC
	I	19,07	0,09	1,60	0,81	0,84	19,01	0,16	0,60	0,59	0,60	19,04	0,13	0,74	0,64	0,71	NC
	J	19,15	0,11	0,89	0,43	0,51	19,14	0,10	0,96	0,52	0,56	19,14	0,10	0,96	0,52	0,56	NC
	K	19,05	0,22	0,46	0,38	0,44	19,09	0,21	0,47	0,32	0,43	19,07	0,21	0,47	0,36	0,44	NC
	L	18,29	1,40	0,07	-0,10	0,06	18,74	0,22	0,44	0,66	0,28	18,51	1,01	0,10	-0,06	0,09	NC
	M	19,01	0,09	0,10	0,73	0,72	19,11	0,12	0,84	0,54	0,61	19,10	0,10	0,46	0,63	0,67	NC
	N	18,77	0,13	0,74	0,00	0,29	18,65	0,11	0,88	-0,16	0,26	18,67	0,12	0,80	-0,07	0,28	NC
	O	19,12	0,09	1,08	0,64	0,63	19,26	0,08	1,30	0,17	0,35	19,19	0,11	0,92	0,33	0,45	NC
	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	T	19,02	0,45	0,22	0,20	0,22	19,02	0,25	0,40	0,37	0,40	19,02	0,36	0,27	0,25	0,27	NC
OBS	Amostra 3 corresponde ao agrupamento da amostra 1 com a amostra 2										C- CAPAZ						
T	Todas as indústrias do setor ceramico de blocos										NC- NÃO CAPAZ						
Lar _m	largura média em cm																
D.P.	desvio padrão																
Cp	índices de capacidade do processo,média valor entre cpk(superior) e cpk(inferior) >=1																
Cpk	minimo valor entre cpk(superior) e cpk(inferior) >=1																
Cpk _m	índices de capacidade do processo centrado no valor nominal >= 1																

Tabela 16-Análise dimensional (comprimento)

4.2- ANÁLISE DA CARACTERÍSTICA FÍSICA: ABSORÇÃO

A NBR 15270-1 (ABNT, 2005), estabelece limites laterais, inferior de 8% e superior de 22%, sem fixar valor nominal. As avaliações da capacidade das indústrias cerâmicas passam a ser em função do índice de capacidade Cpk que é obtido pelo menor valor entre Cpk(superior) e Cpk(inferior) o qual indica a pior situação da capacidade do processo.

O Gráfico 28 representa os resultados dos índices de capacidade de produção das indústrias cerâmicas para as amostras 1, resultados da medição do teor de absorção de umidade dos blocos cerâmicos.

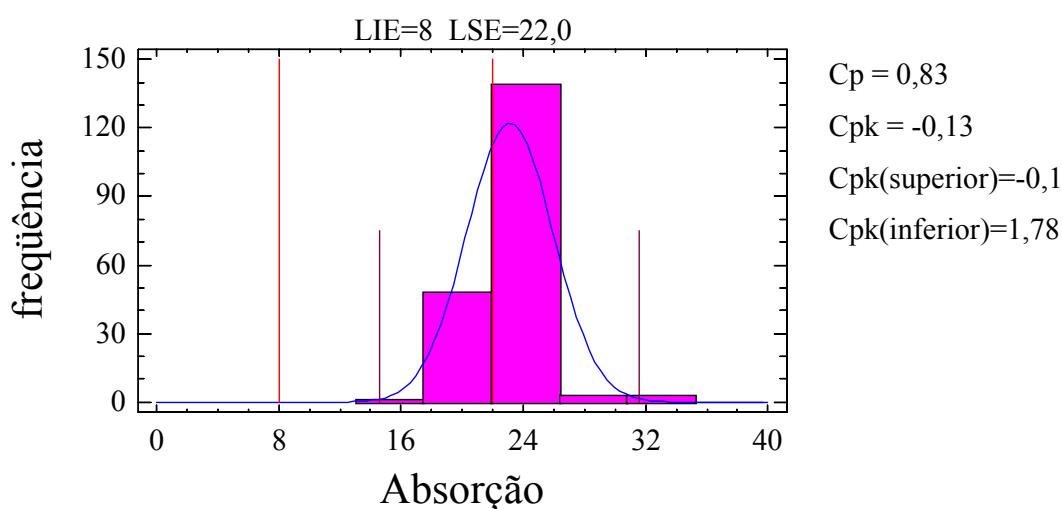


Gráfico 28- Índices de capacidade das amostras T1 (absorção)

Para a amostra T1 referente a absorção representada no gráfico acima, tomou-se por base a distribuição Gaussiana (normal) sendo que, a média das observações da amostra está acima do limite superior estabelecido pela NBR 15270-1 (ABNT, 2005). A medida deste afastamento é estimada pelos índices $Cpk = -0,13$ onde o sinal negativo indica o limite ultrapassado. Então, conclui-se que está ocorrendo excessiva absorção de umidade por esta amostra de blocos cerâmicos. O índice $Cpk(\text{inferior}) = 1,78$ indica que o processo é capaz de produzir acima do limite inferior de especificação. A capacidade do processo, sendo avaliada pelo índice de capacidade $Cpk = 0,13$, é menor que “um”, é considerado “não capaz” com base nas observações da amostra T1.

O índice $Cpk(\text{inferior}) = 1,78$ caracteriza o processo das indústrias cerâmicas como capaz de produzir acima do limite inferior de especificação.

Para validar a avaliação determinou-se o gráfico 29 que representa os valores dos índices de capacidade de produção do setor indústrias cerâmicas para a amostra T2.

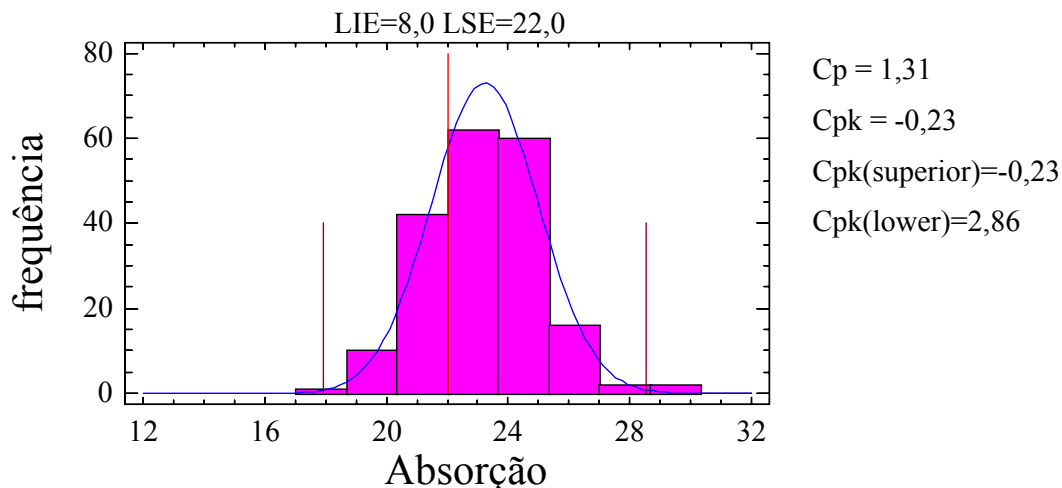


Gráfico 29-Índices de capacidade das amostras T2 (absorção)

Para a amostra T2 referente a absorção representada no gráfico acima, tomou-se por base a distribuição Gaussiana (normal) sendo que, a média das observações da amostra está acima do limite superior estabelecido pela NBR 15270-1 (ABNT, 2005). A medida deste afastamento é estimada pelos índices $C_{pk} = -0,23$ onde o sinal negativo indica o limite ultrapassado. Então, conclui-se que está ocorrendo excessiva absorção de umidade por esta amostra de blocos cerâmicos. O índice $C_{pk}(\text{inferior}) = 2,86$ indica que o processo é capaz de produzir acima do limite inferior de especificação. A capacidade do processo, sendo avaliada pelo índice de capacidade $C_{pk} = 0,23$, é menor que “um”, é considerado “não capaz” com base nas observações da amostra T2 validando a análise anterior.

O gráfico 30 apresenta os valores dos índices de capacidade de processo do setor de indústria cerâmica das amostras 1 e 2, agrupadas formando a amostra T3.

O gráfico da amostra T3, acima apresenta uma distribuição normal sendo que, a média das observações da amostra está acima do limite superior estabelecido pela NBR 15270-1 (ABNT, 2005). A medida deste afastamento é estimada pelos índices $C_{pk} = -0,17$ onde o sinal negativo indica o limite ultrapassado. Então, conclui-se que está ocorrendo excessiva absorção de umidade por esta amostra de blocos cerâmicos. A capacidade do processo, sendo avaliada pelo índice de capacidade $C_{pk} = -0,23$, é menor que “um”, é considerado “não capaz” com base nas observações da amostra T2 validando a análise anterior.

O índice $C_{pk}(\text{inferior}) = 2,14$ caracteriza o processo das indústrias cerâmicas como capaz de produzir acima do limite inferior de especificação.

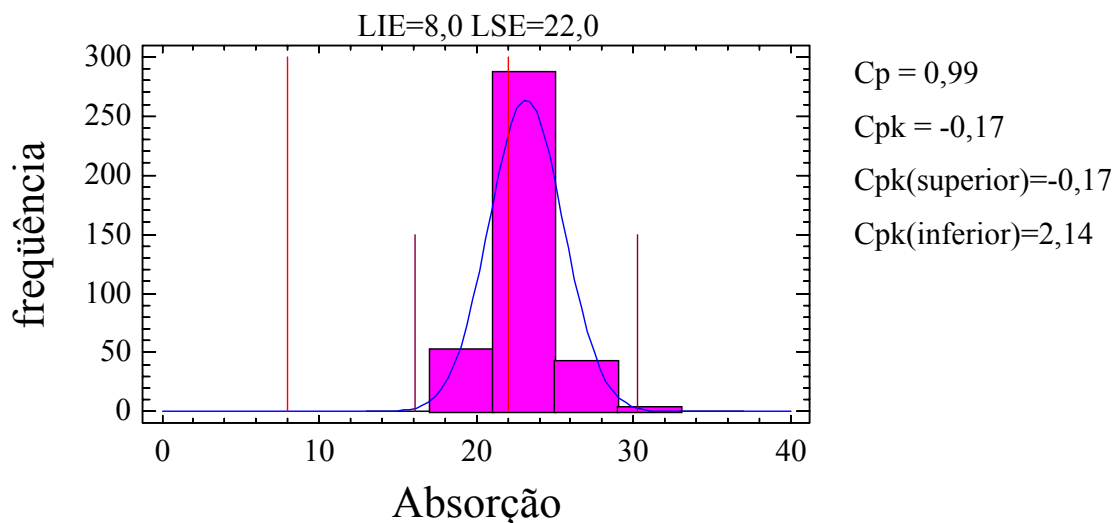


Gráfico 30-Índices de capacidade das Amostras T3 (absorção)

Para a amostra T3 referente a absorção representada no gráfico acima, tomou-se por base a distribuição Gaussiana (normal) sendo que, a média das observações da amostra está acima do limite superior estabelecido pela NBR 15270-1 (ABNT, 2005). A medida deste afastamento é estimada pelos índices $C_{pk} = -0,17$ onde o sinal negativo indica o limite ultrapassado. O índice $C_{pk}(\text{inferior}) = 2,14$ indica que o processo é capaz de produzir acima do limite inferior de especificação. Então, conclui-se que está ocorrendo excessiva absorção de umidade por esta amostra de blocos cerâmicos. A capacidade do processo, sendo avaliada pelo índice de capacidade $C_{pk} = 0,17$, é menor que “um”, é considerado “não capaz” com base nas observações da amostra T3 validando a análise anterior.

O gráfico 31 apresenta os índices de capacidade de processo das amostras 1 e 2, em relação com o índice de capacidade de referência com $C_{pkm} = 1$.

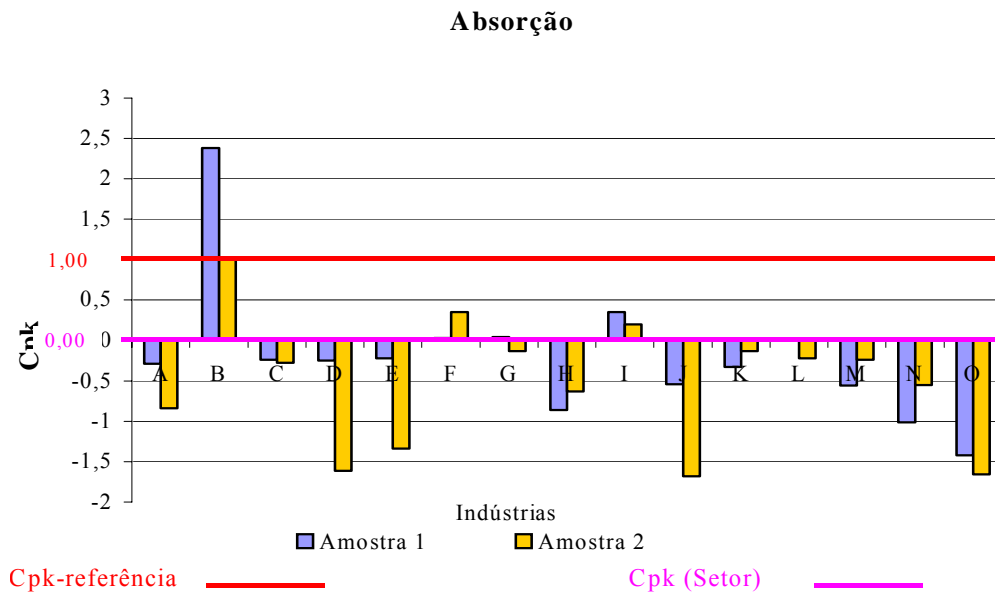


Gráfico 31-Relação Cpkm (referência) com Cpkm (setor)

Analisando os resultados das indústrias cerâmicas temos o índice de capacidade de produção das amostras 1 e 2, relacionadas com o índice de capacidade de referência e o índice de capacidade do setor, que possui 15 (quinze) indústrias, onde 01(uma) indústrias cerâmica está capacitada, ou seja, 93% (cem por cento) das indústrias apresentaram variabilidade na medida das observações, porque todas resultaram nos índices inferiores ao índice de referência, que é igual a 1,0.

O gráfico 32 apresenta os índices de capacidade de processo das amostras T3, em relação com o índice de capacidade de referência $c_{pm}=c_{pk}=1$.

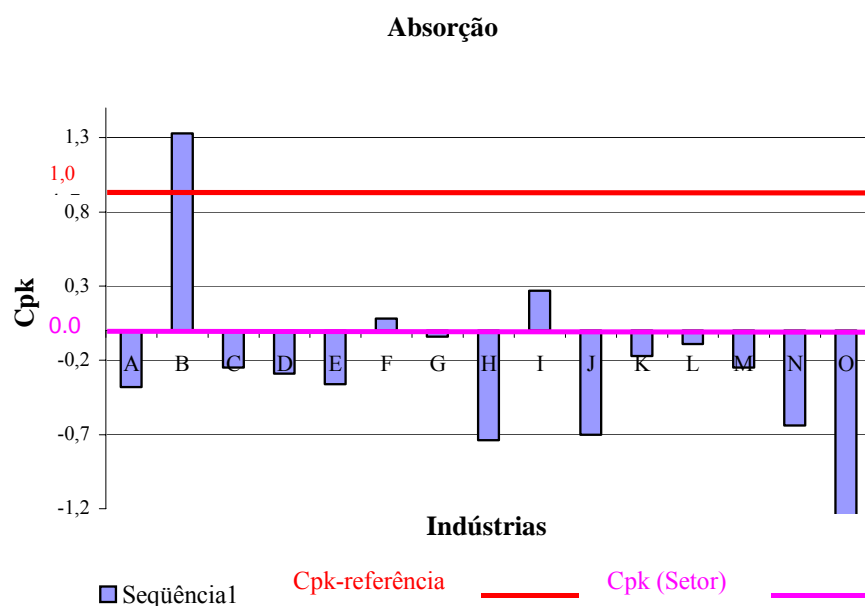


Gráfico 32- Relação Cpkm (referência) com Cpkm (setor)

Analisando os resultados das indústrias cerâmicas temos o índice de capacidade de produção das amostras T3, relacionadas com o índice de capacidade de referência e o índice de capacidade do setor, que possui 15 (quinze) indústrias, onde 01(uma) indústrias cerâmica está capacitada, ou seja, 93% (cem por cento) das indústrias apresentaram variabilidade na medida das observações, porque todas resultaram nos índices inferiores ao índice de referência, que é igual a 1,0.

Cada indústria cerâmica tem caracterizado seu gráfico de distribuição e apresentado no apêndice.

Na foram registrados as estimativas da média, desvio padrão e os índices de capacidade superior e inferior para a absorção de umidade, (linhas A a O), sendo que a linha T apresenta os valores do setor industrial cerâmico.

O fato das indústrias cerâmicas estarem produzindo com o índice de capacidade Cpk inferior acima de “um” de acordo com os limites de especificação inferior determinado pela norma técnica NBR 15270-1, ABNT (2005), não assegura a capacidade do processo, pois o limite superior de especificação está sendo ultrapassado.

Pela análise realizada, é considerada “capaz” a indústria cerâmica “B” pela análise individual.

Considerando o setor da indústria cerâmica conclui-se que o processo não é capaz de produzir os blocos cerâmicos com índice de absorção de umidade conforme os limites de especificação estabelecidos pela norma técnica NBR 15270-1, ABNT(2005).

LIMITES DE ESPECIFICAÇÃO - LIE = 8% LSE = 22%																				
		Amostra 1						Amostra 2						Amostra 3						Conclusão
		Abs _m	D.P.	Cp	Cpk	Cpk _s	Cpk _i	Abs _m	D.P.	Cp	Cpk	Cpk _s	Cpk _i	Abs _m	D.P.	Cp	Cpk	Cpk _s	Cpk _i	
INDÚSTRIAS	A	25,26	3,69	0,63	-0,29	-0,29	1,56	24,84	1,12	2,08	0,84	0,84	5,00	25,05	2,68	6,87	0,38	0,38	2,12	NC
	B	20,22	0,25	9,38	2,38	2,38	16,37	20,55	0,47	4,94	1,03	1,03	8,86	23,80	0,40	5,77	1,33	1,33	10,20	C
	C	23,92	2,68	0,87	-0,24	-0,24	1,98	23,32	1,58	1,47	-0,03	-0,03	3,22	23,62	2,18	1,07	0,25	0,25	2,39	NC
	D	26,68	6,16	0,38	-0,25	-0,25	1,01	25,05	0,63	3,70	-1,61	-1,61	9,01	25,86	4,37	0,53	0,29	0,29	1,36	NC
	E	23,81	2,68	0,87	-0,22	-0,22	1,96	24,33	0,58	4,04	1,34	1,34	9,42	24,07	1,92	1,21	0,36	0,36	2,79	NC
	F	21,85	1,61	1,45	0,03	0,03	2,87	21,59	0,39	5,94	0,35	0,35	0,54	21,72	1,15	2,02	0,08	0,08	3,96	NC
	G	21,89	0,88	2,64	0,04	0,04	5,24	22,35	0,92	2,54	-0,13	-0,13	5,21	22,12	0,91	2,56	-0,40	-0,40	5,16	NC
	H	23,52	0,59	3,97	0,86	0,86	8,81	23,33	0,70	3,01	-0,63	-0,63	7,26	23,43	0,64	3,63	-0,74	-0,74	8,00	NC
	I	20,74	1,19	1,95	0,35	0,35	3,55	21,31	1,17	2,00	0,20	0,20	3,80	21,03	1,20	1,95	0,27	0,27	3,63	NC
	J	24,45	1,50	1,55	-0,54	-0,54	3,64	24,17	0,43	5,42	-1,68	-1,68	12,51	24,31	1,09	2,13	-0,70	-0,70	4,97	NC
	K	22,50	0,51	4,61	-0,31	-0,31	9,54	22,52	1,34	1,75	-0,13	-0,13	3,62	22,51	0,99	2,36	-0,17	-0,17	4,88	NC
	L	22,84	3,41	0,68	0,02	0,02	1,35	23,88	2,83	0,88	-0,22	-0,22	1,87	22,86	3,24	0,72	-0,09	-0,09	1,53	NC
	M	22,97	0,57	4,60	-0,56	-0,56	8,68	23,79	2,50	0,93	-0,24	-0,24	2,11	23,38	1,82	1,28	-0,25	-0,25	2,81	NC
	N	23,42	0,47	4,95	-1,01	-1,01	10,91	23,72	1,05	2,22	-0,55	-0,55	4,98	23,57	0,81	2,87	-0,64	-0,64	6,38	NC
	O	23,62	0,38	6,12	-1,42	-1,42	13,66	23,72	1,35	6,73	-1,66	-1,66	15,11	23,67	0,36	6,47	-1,55	-1,55	14,49	NC
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	T	23,11	2,83	0,83	0,13	0,13	1,78	23,23	1,78	1,31	-0,23	-0,23	2,86	23,17	2,36	0,99	-0,17	-0,17	2,14	NC
OBS	Amostra 3 corresponde ao agrupamento da amostra 1 com a amostra 2																			
T	Todas as industrias do setor ceramico de blocos																			
Absm	Absorção média em %															C CAPAZ				
D.P.	desvio padrão															NC NÃO CAPAZ				
Cp	índices de capacidade do processo,média valor entre cpk(superior) e cpk(inferior) ≥1																			
Cpk	minimo valor entre cpk(superior) e cpk(inferior) ≥1																			
Cpk _s	índices de capacidade do processo cpk(superior) ≥1																			
Cpk _i	índices de capacidade do processo cpk(inferior) ≥1																			

Tabela 17-Análise física-absorção

4.3- ANÁLISE DA CARACTERÍSTICA MECÂNICA: RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

No capítulo 3 foi explicado que para a determinação da resistência a compressão a amostra é do setor com 60 blocos cerâmicos, não tendo sido determinado o índice de capacidade por indústria cerâmica.

As amostras pertencem ao mesmo grupo que participou dos ensaios de caracterização de dimensões e índice de absorção.

A NBR 15270-1 (ABNT, 2005) estabelece limite unilateral inferior, sem valor nominal para a resistência a compressão que deve ser maior ou igual a 1,5 MPa. A avaliação da capacidade das indústrias cerâmicas passam a ser em função do índice de capacidade Cpk_i. Neste caso Cpk inferior.

O gráfico 33 apresenta os resultados dos índices de capacidade de produção das indústrias cerâmicas para as amostras 1.

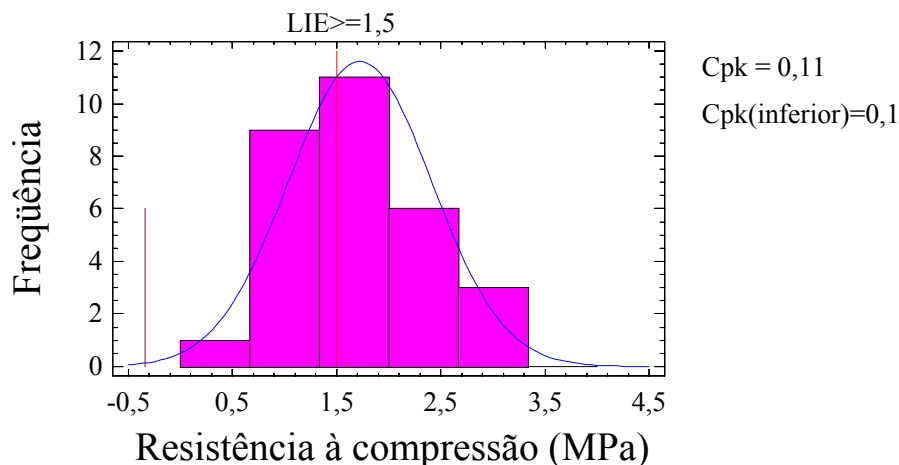


Gráfico 33-Índices de capacidade das amostras TT1 (resistência)

Para a amostra TT1 referente a resistência a compressão representada no gráfico acima, tomou-se por base a distribuição Gaussiana (normal) sendo que, a média das observações da amostra está acima do limite inferior, 1,5 Mpa estabelecido pela NBR 15270-1 (ABNT, 2005). A medida deste afastamento é estimada pelos índices $C_{pk} = 0,11$ onde o sinal positivo indica o limite ultrapassado no sentido da segurança. Entretanto existe uma parcela de eventos com resistência inferior à necessária abaixo da curva de distribuição normal. Conclui-se que está a capacidade do processo é menor que “um”, considerado “não capaz” de produzir conforme as especificações com base nas observações da amostra T1 validando a análise anterior.

Para validar a avaliação determinou-se o gráfico 34, que representa os valores dos índices de capacidade de produção do setor indústrias cerâmicas para a amostra TT2.

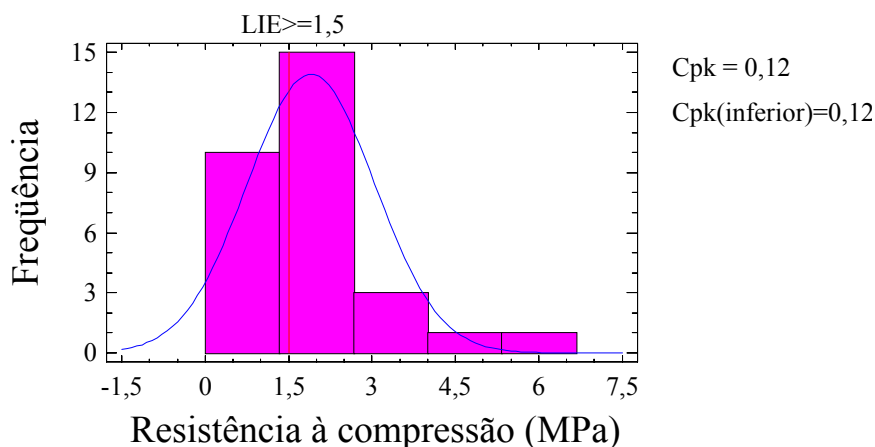


Gráfico 34-Índices de capacidade das amostras TT2 (resistência)

Para a amostra TT2 referente a resistência à compressão representada no gráfico acima, tomou-se por base a distribuição Gaussiana (normal) sendo que, a média das observações da amostra está acima do limite inferior, 1,5 Mpa estabelecido pela NBR 15270-

1 (ABNT, 2005). A medida deste afastamento é estimada pelos índices $Cpk = -0,12$ onde o sinal positivo indica o limite ultrapassado no sentido da segurança. Entretanto existe uma parcela de eventos com resistência inferior à necessária com resistência inferior à necessária, abaixo da curva de distribuição normal.. Conclui-se que a capacidade do processo é menor que “um”, considerado “não capaz” de produzir conforme as especificações com base nas observações da amostra T2 validando a análise anterior.

Para validar a avaliação determinou-se o gráfico 35 que representa os valores dos índices de capacidade de produção do setor indústrias cerâmicas para a amostra TT3.

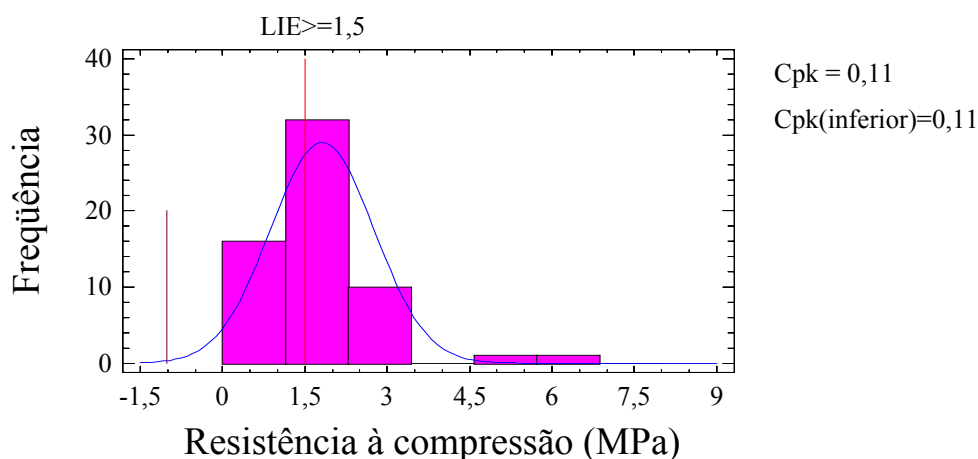


Gráfico 35-Índices de capacidade das amostras TT3 (resistência)

Para a amostra TT3 referente a resistência à compressão representada no gráfico acima, tomou-se por base a distribuição Gaussiana (normal) sendo que, a média das observações da amostra está acima do limite inferior, 1,5 Mpa estabelecido pela NBR 15270-1 (ABNT, 2005). A medida deste afastamento é estimada pelos índices $Cpk = -0,11$ onde o sinal positivo indica o limite ultrapassado no sentido da segurança. Entretanto existe uma parcela de eventos com resistência inferior à necessária abaixo da curva de distribuição normal.. Conclui-se que a capacidade do processo é menor que “um”, considerado “não capaz” de produzir conforme as especificações com base nas observações da amostra TT3 validando a análise anterior.

Na tabela 18 foram registrados os estimadores de média, desvio padrão e os índices de capacidade para a resistência à compressão dos sessenta blocos cerâmicos.

O fato das indústrias cerâmicas estarem produzindo os blocos cerâmicos dentro dos limites de especificação maior ou igual a 1,5 Mpa determinado pela norma técnica NBR 15270-1, ABNT (2005), não assegura a capacidade do processo. Para que o processo seja capaz, é necessário obter uma média de resistência à compressão acima de 1,5 Mpa e diminuir

a variabilidade obtendo em consequência o estimador do desvio padrão com valor baixo. Pela análise realizada, são consideradas com capacidade de processo “não capaz”.

Considerando o Setor da indústria cerâmica conclui-se que o processo não é capaz de produzir blocos com resistência a compressão conforme o valor estabelecido pela norma técnica NBR 15270-1, ABNT (2005).

Análise Resistência à compressão														
LIMITE DE ESPECIFICAÇÃO LIE $\geq 1,5$ MPa														
INDÚSTRIAS		Amostra 1				Amostra 2				Amostra 3				Conclusão
		Fb _m	D.P.	Cp	Cpk _i	Fb _m	D.P.	Cp	Cpk _i	Fb _m	D.P.	Cp	Cpk _i	Processo
INDÚSTRIAS	TT	1,72	0,69	0,11	0,11	1,90	1,15	0,12	0,12	1,81	0,94	0,11	0,11	NC
OBS		Amostra 3 corresponde ao agrupamento da amostra 1 com a amostra 2												
TT		Todas as industrias do setor ceramico de blocos												
Fb _m		Resistencia à compressão média, em MPa												
D.P.		desvio padrão												
Cp		indices de capacidade do processo, idem ao cpk(inferior) ≥ 1												
Cpk _i		indices de capacidade do processo cpk(inferior) ≥ 1												
C		Capaz												
NC		Não capaz												

Tabela 18-Análise mecânica

Os gráficos 36, 37 e 38 apresentam o resultado dos ensaios de resistência à compressão dos blocos cerâmicos por indústria, sendo que a primeira e segunda barra indicam o resultado do ensaio na face com largura de 9 cm, a terceira e quarta barra representam o ensaio na face correspondente a medida de 14 cm. A variabilidade dos resultados por industria comprova a deficiência do processo de produção do setor cerâmico.

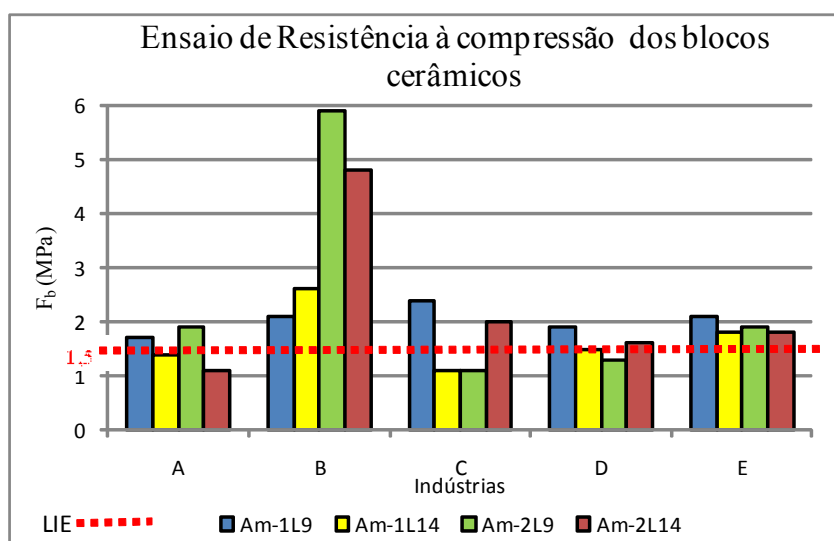


Gráfico 36-Ensaio de resistência à compressão 1

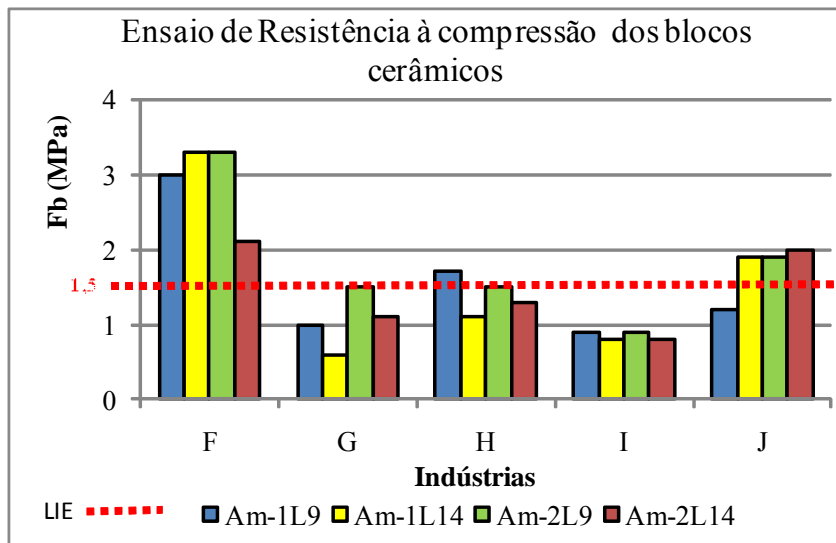


Gráfico 37-Ensaio de resistência à compressão 2

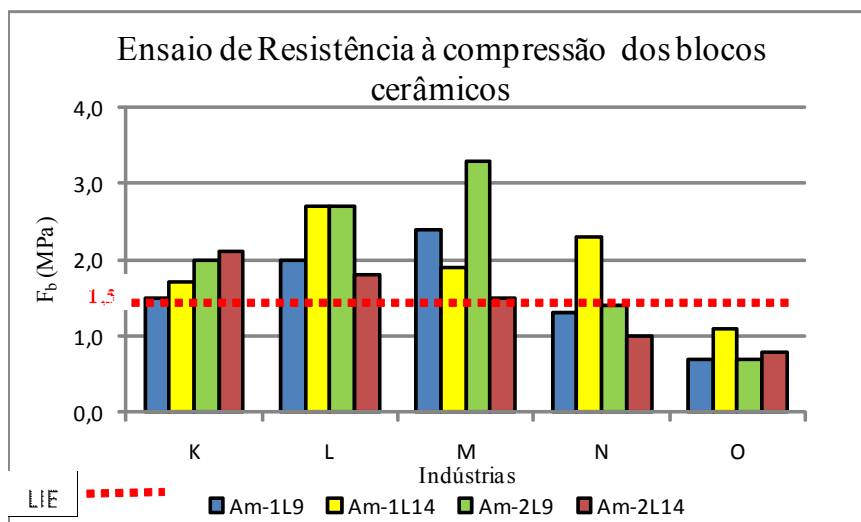


Gráfico 38-Ensaio de resistência à compressão 3

O gráfico 39 apresenta o resultado do ensaio adicional de resistência à compressão considerando seis blocos cerâmicos que pertenciam a mesma coleta e considerados como reserva. Não foram submetidos ao ensaio de absorção de umidade. O resultado encontrado para a resistência à compressão com valor médio de 1,51 MPa demonstra que não houve interferência do ensaio de absorção de umidade no valor da resistência à compressão. A variabilidade encontrada nas observações estimadas pelo desvio padrão D.P.=0,85 conduz ao valor de $Cpk=0,01$, um o processo não é capaz de produzir blocos cerâmicos com resistência a compressão conforme o valor estabelecido pela norma técnica NBR 15270-1, ABNT(2005).

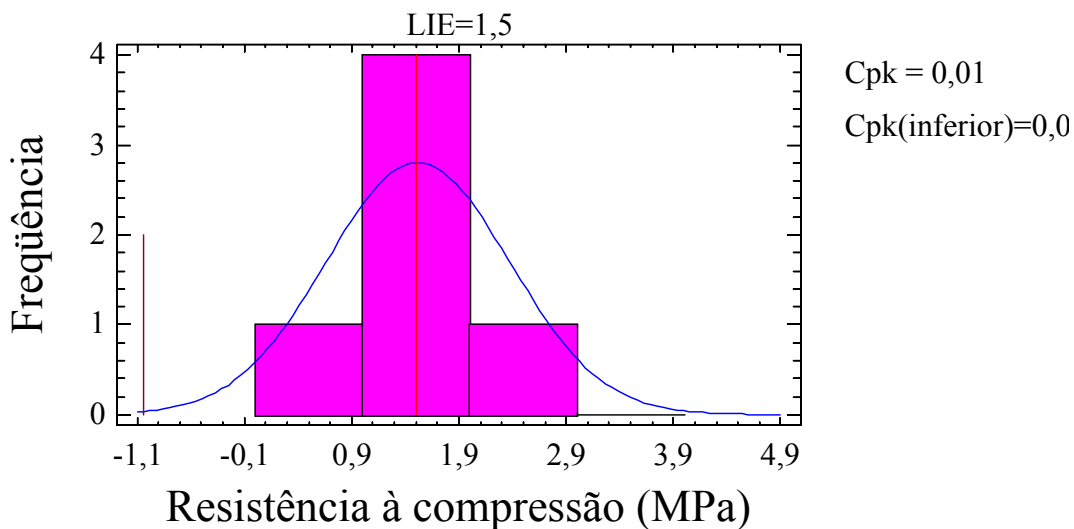


Gráfico 39-Ensaio de resistência à compressão –adicional

A tabela 19 apresenta os valores estimados para os seis blocos cerâmicos ensaiados quanto a resistência a compressão

Análise Resistência à compressão														
LIMITE DE ESPECIFICAÇÃO LIE $\geq 1,5$ MPa														
INDÚSTRIAS		Amostra 1				Amostra 2				Amostra 3				Conclusão
		Fb _m	D.P.	Cp	Cpk _i	Fb _m	D.P.	Cp	Cpk _i	Fb _m	D.P.	Cp	Cpk _i	Processo
	U	1,51	0,85	0,01	0,01									NC
		OBS	Amostra 3 corresponde ao agrupamento da amostra 1 com a amostra 3											
		TT	Todas as indústrias do setor cerâmico de blocos											
		Fb _m	Resistência à compressão média, em MPa											
		D.P.	desvio padrão											
		Cp	índices de capacidade do processo, idem ao cpk(inferior) ≥ 1											
		Cpk _i	índices de capacidade do processo cpk(inferior) ≥ 1											
		C	Capaz											
		NC	Não capaz											

Tabela 19 - Resistência a compressão-seis blocos cerâmicos

A tabela 20 apresenta o resumo geral do índice de capacidade de processo das indústrias cerâmicas da região metropolitana de Curitiba com base nos índices de capacidade onde se tem que:

- “4 (quatro) indústrias cerâmicas” E – M – N – O” são capazes de produzir a largura de acordo com a especificação;
- 01(uma) indústria cerâmica “M” é capaz de produzir a altura de acordo com a especificação;
- nenhuma indústria mostrou-se capaz de produzir o comprimento de acordo com a especificação;

- 01(uma) indústria cerâmica “B” é capaz de produzir os blocos cerâmicos de modo que a absorção de umidade esteja de acordo com a especificação:

- nenhuma indústria cerâmica se demonstrou capaz de atender a todos as análises.

.Dentro deste quadro o setor da indústria cerâmica, identificado no resumo pela letra T demonstrou processo incapaz de atender as especificações com base nos índices de capacidade.

RESUMO GERAL						
INDÚSTRIAS		LARGURA	ALTURA	COMPRIMENTO	ABSORÇÃO	Conclusão
		Cpk _m	Cpk _m	Cpk _m	Cpk	Processo
	A	0,71	0,66	0,40	0,38	NC
	B	0,98	0,91	0,51	<u>1,33</u>	NC
	C	0,46	0,39	0,45	0,25	NC
	D	0,38	0,56	0,20	0,29	NC
	E	<u>1,34</u>	0,90	0,66	0,36	NC
	F	0,58	0,38	0,61	0,08	NC
	G	0,55	0,19	0,26	-0,40	NC
	H	0,47	0,56	0,75	-0,74	NC
	I	0,75	0,30	0,71	0,27	NC
	J	0,98	0,41	0,56	-0,70	NC
	K	0,67	0,85	0,44	-0,17	NC
	L	0,73	0,57	0,09	-0,09	NC
	M	<u>1,15</u>	<u>1,44</u>	0,67	-0,25	NC
	N	<u>1,58</u>	0,59	0,28	-0,64	NC
	O	<u>1,21</u>	0,59	0,45	-1,55	NC
	x	x	x	x	x	x
	T	0,67	0,44	0,27	-0,17	NC
OBS	"T" representa o resultado de todas as amostras do setor					
C	CAPAZ					
NC	NÃO CAPAZ					
Cpk	minimo valor entre cpk(superior) e cpk(inferior) >=1					
Cpk _m	índices de capacidade do processo centrado no valor nominal >= 1					
O setor da Industria Cerâmica possui um processo" não capaz"						

Tabela 20-Resumo geral

A Tabela 21 apresenta o resumo da avaliação da capacidade do processo das indústrias cerâmica da região metropolitana de Curitiba com base nos índices de capacidade.

A partir destes dados, considerando que a distribuição é gaussiana é possível calcular o numero de peças defeituosas geradas pelo processo.

AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE PROCESSO DA INDÚSTRIA CERÂMICA									
ITEM	DESCRIÇÃO	MEDIA(cm)	D.P.	Cp	Cpk	Cpkm	Cpk(superior)	Cpk(inferior)	Processo
1	LARGURA(cm)	9,02	0,15	0,67	0,63	0,67			NC
2	ALTURA(cm)	14,03	0,22	0,45	0,4	0,44			NC
3	COMPRIMENTO(cm)	19,02	0,36	0,27	0,25	0,27			NC
4	ABSORÇÃO(%)	23,17	2,36	0,99	-0,17		-0,17	2,14	NC
5	RESISTENCIA COMPRESSÃO(Mpa)	1,81	0,94	0,11				0,11	NC
CONCLUSÃO : COM BASE NOS ÍNDICES DE CAPACIDADE O SETOR É "NÃO CAPAZ"									

Tabela 21-Avaliação do setor

A tabela 22 faz um paralelo entre os resultados encontrados por Wiczick, (2006) categorizando as empresas em função dos parâmetros da ISO 9000, PBQP-H e PSQ-BC.

A indústria cerâmica (B) classificada como ótima apresenta processo “capaz” de produzir os blocos cerâmicos de acordo com as normas técnicas de absorção e processo “não capaz” para as verificações de dimensões: largura, altura e comprimento.

A indústria cerâmica (N) classificada como bom apresenta processo “ capaz “ de produzir os blocos cerâmicos de acordo com as normas técnicas de largura e processo “não capaz” para as demais verificações de altura, comprimento e absorção.

A indústria cerâmica classificada como uma regular (E) é capaz de produzir os blocos cerâmicos de acordo com as normas técnicas de absorção não sendo capaz para as demais verificações.

	ITEM	CODIGO	DIAGNOSTICO Wiczick(2006)			CAPACIDADE DE PROCESSO	OBSERVAÇÃO
			EMPRESA	CLASSIFICAÇÃO GRUPO	CLASSIFICAÇÃO SETOR		
INDÚSTRIAS	1	A	1	E (CRITICO)	E (CRITICO)	"NÃO CAPAZ"	
	2	B	22	A (OTIMO)	C(REGULAR)	"NÃO CAPAZ"	CAPAZ ABSORÇÃO
	3	C	2	D (RUIM)	D (RUIM)	"NÃO CAPAZ"	
	4	D	10	C(REGULAR)	D (RUIM)	"NÃO CAPAZ"	
	5	E	14	C(REGULAR)	D (RUIM)	"NÃO CAPAZ"	CAPAZ LARGURA
	6	F	12	D (RUIM)	D (RUIM)	"NÃO CAPAZ"	
	7	G	11	D (RUIM)	D (RUIM)	"NÃO CAPAZ"	
	8	H	33	D (RUIM)	C(REGULAR)	"NÃO CAPAZ"	
	9	I	*	*	*	"NÃO CAPAZ"	
	10	J	*	*	*	"NÃO CAPAZ"	
	11	K	9	D (RUIM)	D (RUIM)	"NÃO CAPAZ"	
	12	L	*	*	*	"NÃO CAPAZ"	
	13	M	*	*	*	"NÃO CAPAZ"	CAPAZ LARGURA ALTURA
	14	N	4	C(REGULAR)	B (BOM)	"NÃO CAPAZ"	CAPAZ LARGURA
	15	O	*	*	*	"NÃO CAPAZ"	CAPAZ LARGURA
		T- SETOR			E (CRITICO)	"NÃO CAPAZ"	
	*	EMPRESA NÃO PARTICIPANTE DO DIAGNÓSTICO (Wiczick, 2006)					

* - empresas não participantes do diagnóstico (Wiczick ,2006).

NC – não capaz

Tabela 22-Indústrias selecionadas com avaliação do processo

A indústria cerâmica “M” não participante da classificação do diagnóstico (Wiczick ,2006) apresenta processo “ capaz” de produzir os blocos cerâmicos de acordo com as normas técnicas de largura e altura e processo considerado “não capaz” para as demais verificações comprimento e absorção de água.

CAPÍTULO 5- CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1- CONCLUSÃO

Esta dissertação avaliou a capacidade de processo das indústrias cerâmicas da Região Metropolitana de Curitiba com base nos índices de capacidade.

Apresentou a aplicação da ferramenta estatística de controle de processo baseada no cálculo do índice de capacidade, voltada para a melhoria da qualidade na indústria cerâmica.

Na busca pela qualidade, é importante que a indústria cerâmica combata o desperdício antes que ele ocorra, atuando de forma preventiva, em uma análise orientada para o futuro, fixando a atenção no processo de produção como um todo. Este setor deve adotar uma estratégia de não produzir itens defeituosos, ao invés de constatar-se apenas a ocorrência dos defeitos, independente de onde eles possam manifestar-se, utilizando-se da estatística como instrumento básico para a organização, tratamento e análise das informações do processo.

A produção e o controle de qualidade devem caminhar juntos para que problemas e soluções sejam encontrados mais rapidamente à medida que este relacionamento for fortalecido.

É essencial que a qualidade seja um objetivo comum de todos os envolvidos com a produção e comercialização dos blocos cerâmicos bem como a preocupação constante com a satisfação do cliente.

O movimento nacional em prol da qualidade, a importância da sustentabilidade dos recursos naturais, o respeito aos direitos dos consumidores, têm um relevante papel na própria sobrevivência da indústria cerâmica. Desta forma, o cumprimento das normas técnicas indicadas para cada produto constitui-se em uma importante referência através da qual o cliente passa a definir os seus fornecedores.

A análise desenvolvida no decorrer deste trabalho permitiu concluir que a avaliação do controle estatístico de processo das indústrias cerâmicas da RMC, com base nos índices de capacidade, demonstra que o processo é incapaz de produzir blocos cerâmicos de acordo com as normas técnicas, no que diz respeito as dimensões, absorção de água e resistência à compressão.

Este resultado é semelhante ao encontrado por Kurckrevski (2003) que avaliou indústrias para a região de Guarapuava com relação as características dimensionais, consubstanciado no conceito estatístico de qualidade envolvendo a capacidade do processo, que opera sua análise dentro das especificações ditadas por cada norma técnica, nenhuma das

amostras analisadas possuem os índices de Cp e Cpkm superiores a 1, nas suas três dimensões (comprimento, largura e altura /espessura). Isso caracteriza a não conformidade dos produtos às normas técnicas vigentes, trazendo prejuízos aos consumidores pela falta de qualidade dos produtos, causada pela grande variabilidade, o que onera os custos finais de construção.

A adequação das indústrias de cerâmica vermelha aos índices de capacidade trará melhora no processo e ganho para a indústria, para o cliente e para o meio ambiente.

Nas indústrias cerâmicas observadas em 2006 o índice de capacidade está variando de 0,11 a 0,67. Como comparativo, na década de 80, por exemplo, o índice Cp mínimo exigido nas indústrias em geral do Japão era de 1,33. Na mesma década o índice Cp observado nos Estados Unidos era de 0,67, ou melhor, esse era o valor médio para todas as indústrias. Portanto, muito tem que ser feito para melhorar este processo produtivo.

A exigência nacional dos programas de qualidade, os órgãos fiscalizadores e a indústria cerâmica devem buscar melhorar o processo através de investimento, comprometimento e treinamento do pessoal para aplicar os padrões de qualidade a cada etapa da produção.

5.2- SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Estudos futuros serão necessários para melhoria da qualidade dos blocos cerâmicos.

Abaixo são relacionadas algumas sugestões de trabalhos futuros:

Determinação das características físicas e químicas das argilas utilizadas como matérias-primas nas indústrias da Grande Curitiba.

Estudo do comportamento químico e velocidade de reação química das matrizes cerâmicas;

Emprego dos materiais cerâmicos a ciclos de exposição, gelo-degelo e períodos longos para avaliação da durabilidade;

Estudo dos compósitos cerâmicos com adição de materiais alternativos (cinza de casca do arroz, cinza do bagaço da cana de açúcar, cinza da palha da cana de açúcar);

O trabalho com a matéria prima, acompanhado por químicos e o registro no bloco cerâmico da data da produção pode ser uma maneira de rastrear as informações da dosagem da utilizada permitindo a melhora do controle do processo produtivo.

REFERÊNCIAS

AMAZONAS, Maurício de C. Economia Ambiental Neoclássica e Desenvolvimento Sustentável. "A Natureza e a Terra Feridas". CEBRAP-IBAMA, 1995.

AMBROZEWICZ, Paulo Henrique Laporte. Qualidade na prática: conceitos e ferramentas. Qualidade na Indústria da Construção civil. CNI SENAI. BRASIL. 2003.

ANICER (Associação Nacional da Indústria Cerâmica). PBQP-H/PSQ **Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade - Programa Setorial da Qualidade, Texto Matriz**. Disponível em <www.ANICER.com.br> acesso em: 08 maio.2004.

_____. **Racionalização na construção civil**. Disponível em <www.ANICER.com.br/produtos/revista> acesso em: 08 maio.2004.

ARIAS, Sérgio. **PBQP-H já está em todo o território nacional**. II Encontro Nacional dos Programas da Qualidade da Construção evento realizado nos dias 22 e 23 de abril em Florianópolis. Disponível em <www.confex.org.br/index.asp> acesso 02 de maio 2004

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), **NBR 15270-1(2005)**. Componentes cerâmicos: Parte 1: Blocos Cerâmicos para Alvenaria Estrutural e de Vedação- Métodos de ensaio.

_____. **NBR 15270-3(2005)**. Componentes cerâmicos: Parte 3: Blocos Cerâmicos para Alvenaria de Vedação- Terminologia e requisitos.

BARTMANN, F.C. **Idéias básicas do controle moderno de Qualidade**. UFISINAPE-UNICAMP. São Paulo. 1986.

BAUER, L. A. Falcão. **Materiais de construção: novos materiais para construção civil**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1995. 2 v. ISBN 85-216-1003-3.

BOYLES, R. A. **The Taguchi Capacity Index**. Journal of Quality Tecnology, volume 23, 17-26,(1991).

BRASIL, **Ministerio das Cidades. Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat**. Brasília, DF, 2006. Disponível em: < www.cidades.gov.br/pbqp-h/projetos_autogestao.php > acesso em 15 de novembro de 2006.

CAMPOS, Vicente Falconi. **Controle da qualidade total**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais 1992.

_____. **TQC: controle da qualidade total (no estilo japonês)**. 8. ed. Belo Horizonte: Desenvolvimento Gerencial, 1999. 224 p.

CHAN, L.K. Cheng, S.W., Spiring, F.A. **A New Measure of Process Capability: Cpm**. Journal of Quality Tecnology, volume 20,162-175,(1988).

CHAVES NETO, Anselmo. **Técnicas estatísticas aplicadas à engenharia de qualidade**: Curso de Pós-Graduação, 2003. 50 f. Notas de Aula. Impressos.

Código de Defesa do Consumidor (CDC) - LEI Nº 8.078-art. 39 item VIII de 11 set. 1990,disponível em:< <http://www.mj.gov.br/DPDC/servicos/legislacao/cdc.htm>> acesso em: 10 out. 2006.

COLLIN, L. O. A utilização da Função Perda de Taguchi na Prática do Controle Estatístico do Processo. Escola Federal de Engenharia de Itajubá. MG. 2001.

CORIAT, B. Pensar **pelo Averso: o Modelo Japonês de Trabalho e Organização**. Editora da UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, 1994.

CROSBY, P.B. Integração: qualidade e recursos humanos para o ano 2000. São Paulo: Makron.1993.

_____. **Liderança: A arte de tornar-se executivo**: São Paulo: McGraw-Hill, Books, c1999. 118 p.

DATALYSER. CEP - **Controle Estatístico de Processo** ,Ano III-Nº29- Maio/2006, disponível em: <<http://www.dataalyzer.com.br/site/suporte/administrador/info>> acesso em: 10 out.2006.

DEMING, W. Edwards. **Qualidade: a revolução da administração**. Rio de Janeiro: M. Saraiva 1990.

FEIGENBAUM, A. V. **Controle da qualidade total. Métodos estatísticos aplicados á qualidade**; tradução Regina Cláudia Loverri. São Paulo: Makron Books, c1994. 4 v.

GAEBLER, TED. DAVID OSBORNE. **Reinventando o Governo**. Comunicação, 1994, 436p

GARVIN, David A. **Gerenciando a qualidade**: a visão estratégica e competitiva. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

GHINATO, Paulo. Sistema Toyota de Produção: Mais do que simplesmente Just-in-Time EDUCS, Caxias do Sul, 1996, 177p.

GREEN, Cynthia. **Os caminhos da qualidade**. São Paulo: Makron Books; SENAC,1995.

INMETRO, **Portaria INMETRO / MICT número 127** de 29/06/2005 disponível em:< http://www.inmetro.gov.br/noticias/conteudo/revistaPre_Medido2.asp > acesso em: 05 setembro de 2005.

ISHIKAWA, K. **Controle de qualidade total: à maneira japonesa**. Rio de Janeiro: Campus, 1993. 221 p.

JACOBOWICZ, Alfredo. Estudo analítico e comparativo de emprego de tijolos cerâmicos nas alvenarias, Universidade Federal do Paraná,1982.

JURAN, Joseph M.; GRYNA JR., Frank M. **Quality planning and analysis**. New York: McGraw-Hill,1980.

JURAN, J. M. A qualidade desde o projeto: novos passos para o planejamento da qualidade em produtos e serviços. São Paulo: Pioneira, 1992. 551 p.

KACKAR, R. N. Taguchi's Quality Philosophy: Analysis and Commentary. Quality Progress,(1986).

KHALAF, F. M. **New Tests for Porosity and Water Absorption of Fired Clay Bricks** Journal of Materials in Civil Engineering, Vol. 14, No. 4, July/August 2002, pp. 334-337.

KOROTH, Surej R., Fazio Paul, Feldman Dorel. **Comparative Study of Durability Indices for Clay Bricks.** Journal of Architectural Engineering, Vol. 4, No. 1, March 1998, pp. 26-33

KUMAR, P. Mehta, **“Reducing the Environmental Impact of Concrete”**. In: Concrete International. ACI, V.23, N° 10, Oct. 2001, p.61-66.

KURCREVSKI, Carlos. Apud KANE, V. E. **Process Capability Indices.** Journal of Quality Technology, 1986, volume 18, 41-52.

KURCREVSKI, Carlos. Estudo do controle estatístico de processo das indústrias cerâmicas da região centro sul do estado do Paraná, com base nos índices de capacidade. Mestrado em Métodos Numéricos em Engenharia da Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Paraná, 2003.

LEVINE, David M.; BERENSON, Mark L.; STEPHAN, David. **Estatística: teoria e aplicações: usando Microsoft Excel em Português.** Rio de Janeiro: LTC, 2000. 811 p.

MILES, Matthew B. **Qualitative Data Analysis.Sixth Printing.**, A Sourcebook of New Methods, Sage Publications, 1987.

MINEROPAR, MINERAIS DO PARANÁ SA. **O Setor da Cerâmica Vermelha no Paraná Curitiba**, IPARDES,1997.

_____. Perfil da Indústria da Indústria de Cerâmica do Estado do Paraná. Curitiba, 2000.

MITIDIERI FILHO, Cláudio Vicente e Thomaz, Ercio e Vittorino, Fulvio e Rocha, Adilson Lourenço. **Sistema de avaliação técnica de novos produtos e sistemas para construção de habitações: uma proposta para o Brasil**. Artigo. Revista Techne N°69, 2002, p.49-51.

MOLITERNO, Antonio. Caderno de estruturas e alvenaria em concreto simples. São Paulo. Edgard Blücher, 1995.

MONTGOMERY, Douglas C. Panagos, M.R. Heikes, R.. **Economic Design of X Control Charts for Two Manufacturing Process Models**. Naval Research Logistics Quarterly, 1985, 32, p.630-631.

MONTGOMERY, Douglas C. **Introduction to Statistical Quality Control**. 2th ed. New York: John Wiley, 1991. 658 p.

_____. **Design and analysis of experiments**. 5th ed. New York: John Wiley, 2001. 684 p.

OHNO, Taiichi. O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997. 149 p.

PALADINI, Edson P. Gestão da qualidade no processo: a qualidade na produção de bens e serviços. São Paulo: Atlas, 1995. 286 p.

PETRUCCI, Eládio G. R., **Materiais de construção**. 1993. P.20-49.

REIS, Marcelo Menezes, apud WHEELER, D.J. **Advanced Topics in Statistical Process Control: the power of Shewhart's Charts**. Knoxville, TN: SPC Press Inc., 1995.

REIS, Marcelo Menezes. **Um modelo para o ensino do controle estatístico da qualidade**. Tese de doutorado Universidade Federal de Santa Catarina Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. UFSC. Florianópolis. 2001.

RUY, Valter Antonio. Estudo da qualidade dos blocos cerâmicos produzidos pelas olarias da região metropolitana de Curitiba- avaliação de três empresas selecionadas. Curitiba: [s.n.],. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Tecnológica do Paraná. Curso de Pós-Graduação. 2004. 77 p.

SELLITO, Miguel Afonso. Aplicando um modelo de intervenção para redução de atrasos em fabricação seriada, com base na teoria das restrições. Produto & Produção, Porto Alegre , v. 5, n. 1 , p. 41-52,, fev.2001.

SHINGO, Shigeo. O sistema Toyota de produção: do ponto de vista da engenharia de produção. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 1996. 291 p.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 2002.

SPIRING, F.A. "The Cpm Index. Quality Progress", Journal Quality Progress Volume 24 N° 2 57-61; February 1991.

SPIRING, F. A. "A Unifying Approach to Process Capability Indices". Journal of Quality Technology, volume 29, 49-58, (1997).

TÉBOUL, James. **Gerenciando a dinâmica da qualidade**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1991.

UMEDA, Masao. **99 Perguntas e 99 Respostas sobre o TQC no Estilo Japonês**. Belo Horizonte. UFMG, Escola Federal de Engenharia, Fundação Christiano Ottoni, 1995.

VERÇOSA, Ênio J. **Materiais Cerâmicos**. In: BAUER, L. A. F. Materiais de Construção 2. Rio de Janeiro , Livro Técnico e Científico S.A., 1995, p.526-594.

_____. **Patologia das Edificações**, Porto Alegre. Sagra. 1991 p.26-5.

_____. **Estudo de caso planejamento e método**, 2. Ed. SP, Bookman, 2001.

WICZICK, Luciene Ferreira Schiavoni. **Diagnóstico das olarias produtoras de blocos cerâmicos da região metropolitana de Curitiba-PR**. Curitiba: [s.n.], 2006. 108 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Tecnológica do Paraná. Curso de Pós-Graduação.